

**В. И. БРЕЗГИН  
Д. В. БРЕЗГИН**

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОК ТУРБОМАШИН В СРЕДЕ PTC CREO PARAMETRIC/ CREO SIMULATE

Учебное пособие





Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**В. И. Брезгин, Д. В. Брезгин**

# **Проектирование деталей и сборок турбомашин в среде PTC Creo Parametric/Creo Simulate**

Рекомендовано методическим советом  
Уральского федерального университета  
в качестве **учебного пособия** для студентов вуза,  
обучающихся по направлению подготовки  
13.03.03 — Энергетическое машиностроение

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2017

УДК 62-135:004.9(075.8)

ББК 31.363-02я73

Б87

Рецензенты:

завкафедрой энергетики, д-р техн. наук, проф. *С. М. Шанчуров* (Уральский государственный лесотехнический университет);

заместитель главного конструктора СКБт ЗАО «Уральский турбинный завод», канд. техн. наук *Т. Л. Шибеев*

**Брезгин, В. И.**

**Б78** Проектирование деталей и сборок турбомашин в среде PTC Creo Parametric/Creo Simulate : учебное пособие / В. И. Брезгин, Д. В. Брезгин. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 232 с. ISBN 978-5-7996-2032-5

PTC Creo Parametric 3.0/Creo Simulate 3.0 представляет собой средство сквозного проектирования и производства верхнего уровня. Для этой цели используются технологии автоматизированного проектирования (Computer Aided Design — CAD), автоматизированного производства (Computer Aided Manufacturing — CAM) и автоматизированного инженерного анализа (Computer Aided Engineering — CAE). В данном пособии приведено описание возможностей CAD-средства Creo Parametric 3.0 и CAE-средства Creo Simulate 3.0. Возможности программных продуктов проиллюстрированы примерами с подробным описанием функционалов систем. Рассмотрены вопросы создания эскизов, использования опорных (вспомогательных) элементов, основные операции и принципы создания моделей деталей, узлов и сборок, чертежей, выполнения теплового и структурного анализа, а также оптимизации конструкции средствами Creo Simulate 3.0.

Разработка предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Энергетическое машиностроение», а также для слушателей системы переподготовки и повышения квалификации специалистов энергетических и машиностроительных предприятий.

Библиогр.: 18 назв. Табл. 4. Рис. 357.

УДК 62-135:004.9(075.8)

ББК 31.363-02я73

ISBN 978-5-7996-2032-5

© Уральский федеральный университет, 2017



# Введение

---

Современные предприятия не смогут выжить в условиях глобальной конкуренции, если не будут выпускать новые продукты лучшего качества, более низкой стоимости и за меньшее время. Поэтому они стремятся использовать возможности памяти компьютеров, их высокое быстродействие и возможности удобного графического интерфейса для того, чтобы автоматизировать и связать друг с другом задачи проектирования и производства. Для этой цели используются технологии автоматизированного проектирования (Computer Aided Design — CAD), автоматизированного производства (Computer Aided Manufacturing — CAM) и автоматизированного инженерного анализа (Computer Aided Engineering — CAE).

Программное средство сквозного проектирования и производства верхнего уровня PTC Creo Parametric 3.0 (Parametric Technology Corporation (PTC), США) может удовлетворить требования производства к функциональной полноте. PTC Creo Parametric позволяет быстро создавать, редактировать и ориентировать модель с помощью интуитивного, Windows-стилизованного интерфейса. С помощью таких инструментов интерфейса, как **Навигатор папок** и **Web-браузер**, можно быстро находить, предварительно просматривать и загружать модели, а также непосредственно в среде PTC Creo Parametric получать доступ к Web-ресурсам и иметь возможность для совместной удаленной работы с другими инженерами.

PTC Creo Parametric — мощное CAD/CAM/CAE-решение для твердотельного, поверхностного и комбинированного моделирования, используемое для создания и анализа 3D-моделей деталей и сборок. В процессе проектирования деталей могут быть задействованы также и другие модули PTC Creo Parametric, например, чертежный модуль, модуль маршрутизации проводки, модуль листового железа, модуль проектирования трубопроводов, технологические модули и т. д. (более подробный перечень модулей PTC Creo Parametric приведен в заключении настоящего пособия).

Базовый курс моделирования в PTC Creo Parametric, представленный настоящим пособием, может быть описан как последовательность изучения, состоящая из шести фундаментальных этапов:

- знакомство с интерфейсом Creo Parametric и практический обзор возможностей Creo Parametric в технике создания моделей деталей, сборки и чертежей простейшего машиностроительного устройства;
- предварительная подготовка к проектированию модели изделия и работа в режиме создания и редактирования 2D-эскизов, являющихся основой для реализации замысла конструктора;
- техника создания и редактирования вспомогательных **Опорных элементов** — плоскостей, осей, точек и координатных систем;
- создание твердотельных моделей новых деталей;
- создание нового сборочного изделия путем сборки моделей отдельных деталей;
- создание конструкторской документации: детализировочных и сборочных чертежей, спецификаций; вывод на печать чертежей, а также экспорт чертежей, 3D-моделей деталей и сборок.

Небольшое расширение базового курса представлено в настоящем пособии двумя разделами:

- решение нескольких задач в среде Creo Simulate — интегрированном с Creo Parametric решении конечно-элементного анализа конструкции;
- установка соединения с сервером PLM-системы компании PTC — Windchill для организации совместной работы конструкторов над изделием.

**Установка соединения с сервером Windchill предназначена для получения актуальных шаблонов деталей, сборок и чертежей.** Совместная работа инженеров-конструкторов в среде PTC Creo Parametric может быть реализована с помощью технологии управления жизненным циклом изделий. Такой организационно-технической системой в спектре продуктов PTC является PLM-среда Windchill (PLM — Product Lifecycle Management). Windchill обеспечивает преимущества современных методов разработки изделий:

- нисходящее проектирование (проектирование сверху вниз);
- совместное параллельное проектирование изделия большим количеством разработчиков, расположенных в любой точке земного шара;
- поддержание в актуальном состоянии объектов проектирования в рабочей области каждого пользователя.

**Практический обзор возможностей Creo Parametric в технике создания моделей деталей, сборки и чертежей простейшего машиностроительного устройства,** представленный в первой главе учебного пособия, призван заинтересовать читателя возможностями быстрого и точного конструирования изделия в среде Creo Parametric. В течение короткого времени

пользователь, не имеющий подготовки в твердотельном трехмерном моделировании, сможет самостоятельно создать две простые детали, собрать из них сборочное изделие и распечатать чертежи деталей и сборки. Первая лабораторная работа должна позволить понять основные преимущества трехмерного моделирования по сравнению с выполнением двумерных чертежей в AutoCAD и Компас.

**Предварительная подготовка к проектированию модели изделия.** Очень часто перед проектированием модели детали (изделия) необходимо получить информацию о компонентах сборки, которые будут находиться в непосредственной близости от нее. Следовательно, появится необходимость открыть и изучить сопрягаемые детали до того, как начнете проектирование новой. В некоторых компаниях эта подготовительная стадия может по времени совпасть с процессом проектирования новой детали или может вовсе не случиться. В любом случае, знания о сопряженных деталях могут помочь при проектировании модели новой детали.

**Создание твердотельных моделей новых деталей.** Твердотельная модель новой детали, соответствующая замыслу конструктора, создается на основе концепции создания геометрии, базирующейся на фичерах (конструктивных элементах). Модель детали позволяет представить внешний вид детали до того, как она будет изготовлена. Модель позволяет:

- предоставить информацию о массовых и инерционных характеристиках детали;
- изменять параметры модели для достижения наилучших характеристик детали;
- визуально представить, как будет выглядеть деталь после ее изготовления.

**Создание нового сборочного изделия путем сборки моделей отдельных деталей.** Изделие может состоять из одной или нескольких деталей. Детали в сборке расположены и собраны относительно друг друга так же, как они находятся в реальном изделии. Модель сборочного изделия может быть использована для:

- проверки прилегания деталей;
- проверки пересечений деталей;
- создания спецификации изделия;
- вычисления общего веса сборочного изделия.

**Создание конструкторской документации.** После создания модели чертежа или сборки часто необходимо создать документацию на них в виде двумерных чертежей. Чертеж обычно содержит различные виды детали или сборки, размеры и титульный блок. На чертеже также могут быть расположены пояснения, таблицы, технические условия и другая дополни-

тельная конструкторская информация. Выпуск чертежей при создании моделей не является обязательным требованием во всех компаниях. Предприятия, сохранившие технологии производства, основанные на использовании чертежей на бумажном носителе, вынуждены прикладывать значительные усилия по созданию чертежной документации и обеспечению выполнения требований стандартов при их создании.

Современные промышленные предприятия, работающие в условиях безбумажных технологий, не испытывают потребности в двумерных чертежах. Инженер-конструктор, работающий на предприятии, использующем для совместной работы PLM-среду Windchill, завершает создание конструкторской документации с помощью операций *Выгрузить* или *Сдать на хранение*. Операция *Выгрузить* производит сохранение данных в рабочую область пользователя на сервере Windchill. Данные недоступны для других пользователей, но доступны данному пользователю с любого рабочего места PTC Creo Parametric, на котором выполнена процедура регистрации сервера Windchill. Операция *Сдать на хранение* сохраняет данные в общих контейнерах, предоставляя доступ к ним другим пользователям.

**Фундаментальные основы базового курса моделирования в PTC Creo Parametric** можно представить в виде следующих шести постулатов:

- концепция твердотельного моделирования;
- концепция поэлементного моделирования (геометрия, основанная на конструктивных элементах);
- отношение Родитель/Потомок;
- концепция параметризации;
- концепция ассоциативности всех основных объектов проектирования;
- концепция модель-ориентированного проектирования.

Концепция твердотельного моделирования в PTC Creo Parametric заключается в возможности создания реалистичных представлений трехмерных моделей (3D-моделей) деталей и сборочных изделий. Эти виртуальные модели могут использоваться для визуализации и анализа создаваемой конструкции, не дожидаясь этапа изготовления прототипа (как правило, чрезвычайно дорогостоящего).

Модели включают в себе такие характеристики, как масса, объем, центр тяжести, площадь поверхности и т. д. Все свойства модели обновляются при добавлении или удалении каких-либо конструкторских элементов. Например, если в модели добавляется отверстие, масса модели уменьшается. Дополнительно, твердотельные модели предоставляют возможности анализа допусков и проверку зазоров/натягов при включении детали в сборку. На рис. 1 представлена иллюстрация, поясняющая концепцию

твердотельного моделирования в Creo Parametric: модели трех различных деталей, созданные в методологии трехмерного твердотельного моделирования, представленные на рис. I, *а* собраны в сборку, представляющую машиностроительное изделие, показанное на рис. I, *б*.

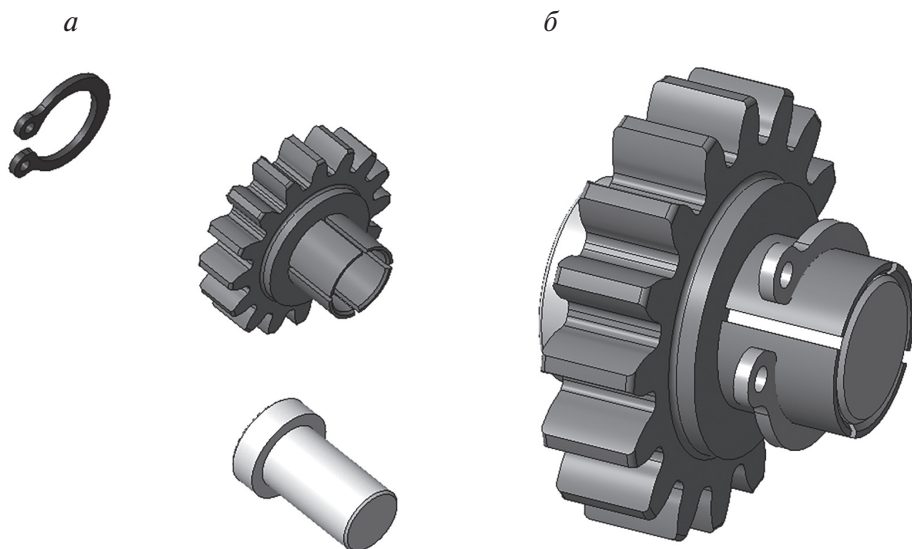


Рис. I. Создание трехмерных моделей деталей (*а*) и сборок (*б*)

**Концепция поэлементного моделирования.** РТС Creo Parametric — это инструмент разработки изделия, основанный на конструктивных элементах. Геометрия модели состоит из блоков, подобно зданию, состоящему из кирпичиков. Каждый такой «кирпичик» представляет собой конструктивный элемент. Это справедливо как для деталей, так и для сборок, только сборка, в первую очередь, будет состоять из компонентов (деталей и подборок). Конструктивные элементы имеют, как правило, простую для понимания геометрию, но по мере добавления в модель все вместе они формируют сложные детали и сборки. Каждый новый элемент опирается на элемент, созданный ранее, он может ссылаться сразу на несколько предшествующих конструктивных элементов.

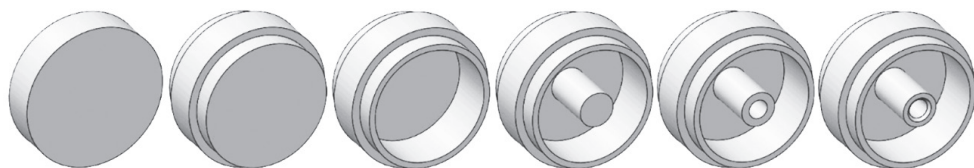


Рис. II. Концепция поэлементного моделирования

На рис. II мы видим первые шесть этапов создания колеса, иллюстрирующие концепцию поэлементного моделирования:

- на первом этапе создается элемент **ВЫТЯГИВАНИЕ**, который формирует первоначальную форму и размеры модели;
- на втором этапе с помощью дополнительного вытягивания добавляется материал в середине модели;
- третье **ВЫТЯГИВАНИЕ** удаляет материал из средней части модели;
- четвертое **ВЫТЯГИВАНИЕ** создает ступицу внутри модели;
- далее в предыдущем конструктивном элементе создается соосное отверстие;
- и, наконец, на ребре отверстия создается фаска.

### **Отношение Родитель/Потомок**

Поскольку твердотельное моделирование представляет собой процесс постепенного создания все новых и новых конструктивных элементов (кумулятивный процесс), некоторые функции предшествуют другим. Последующие конструктивные элементы опираются на ранее созданные элементы, используя их в качестве размерных и геометрических ссылок. Такие отношения между предшествующими и последующими конструктивными элементами называют родительскими и дочерними отношениями или отношениями Родитель/Потомок (рис. III). Так же, как в семье, дети зависят от родителей, и в твердотельном моделировании элементы-родители могут существовать без потомков, но потомки не могут существовать без своих родителей.

В процессе проектирования модели в PTC Creo Parametric эти отношения между элементами создаются постоянно. В сборке отношения Родитель/Потомок справедливы и для компонентов. Для использования всех преимуществ отношения Родитель/Потомок необходимо правильно им управлять. При создании нового конструктивного элемента любые уже существующие элементы, на которые ссылается создаваемый объект, становятся его Родителями. Далее это выражается в том, что изменение родительского элемента повлечет за собой изменения объектов-потомков, ссылающихся на него.

**Концепция параметризации** заключается в широком использовании параметрических связей между геометрическими размерами, определении зависимостей между параметрами электронной модели. Параметрические связи могут быть наложены на взаимное расположение отдельных конструктивных элементов (или на их размеры) либо на детали, входящие в состав сборки. Параметры могут быть связаны между собой математическими или логическими взаимосвязями, задание параметров и их

редактирование возможны непосредственно в дереве построения модели детали или сборки.

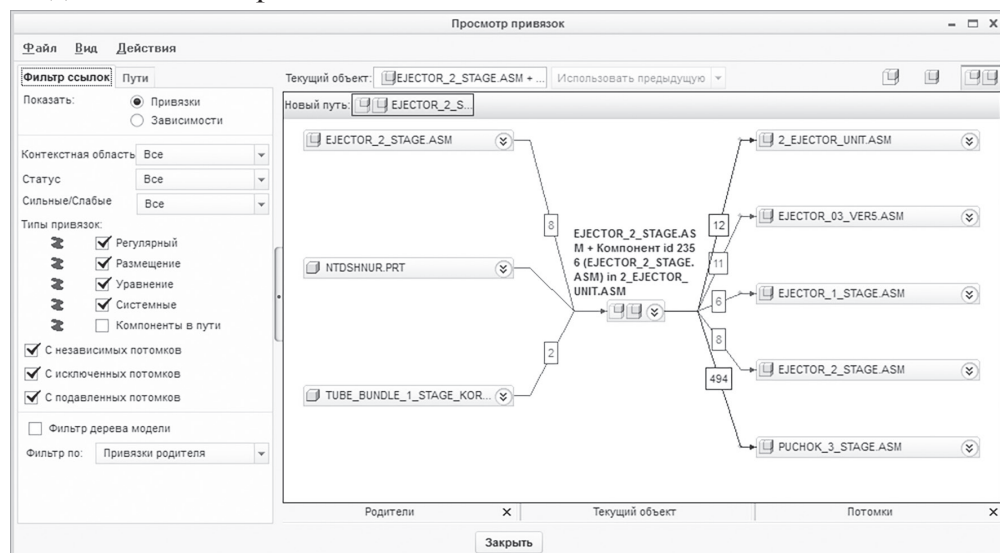


Рис. III. Отношения Родитель/Потомок

Важное значение имеет порядок создания конструктивных элементов. Если задано, что грань конструктивного элемента параллельна опорной плоскости (рис. IV), то заданное взаимное расположение будет сохраняться при модификации конструкции.

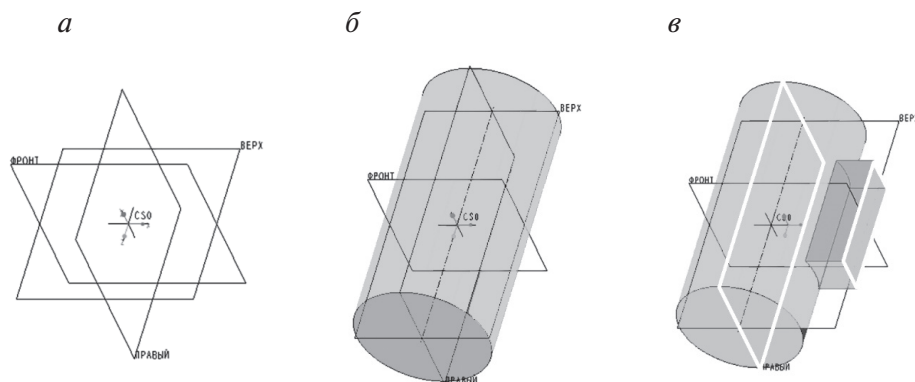


Рис. IV. Концепция параметризации

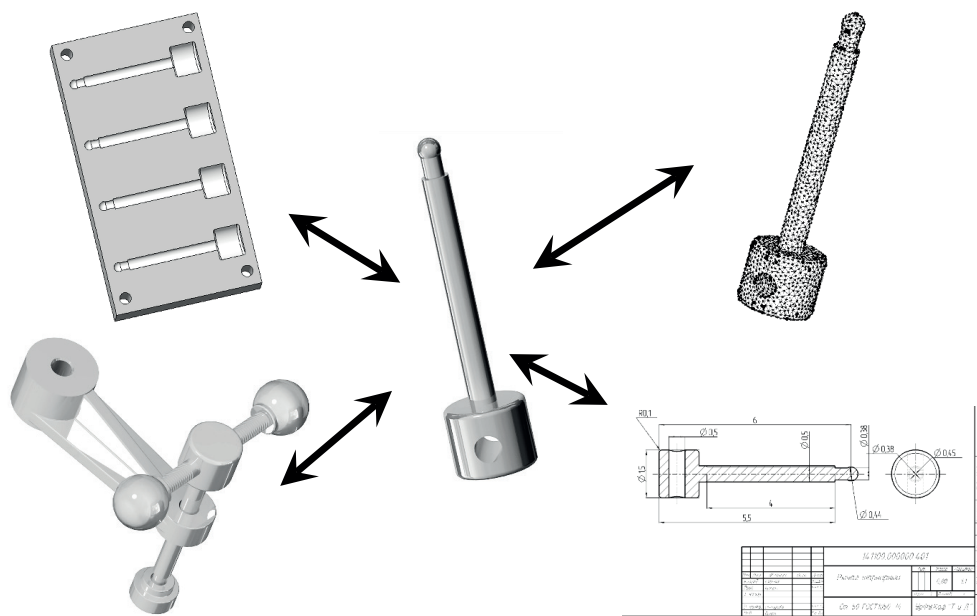
**Концепция ассоциативности всех основных объектов проектирования.** PTC Creo Parametric — двунаправленно ассоциативный инструмент разработки изделия. Ассоциативность означает, что все изменения, внесенные







Выгода использования модель-ориентированного инструмента разработки в том, что изменение, произведенное в модели изделия, вызывает автоматические обновления во всех режимах проекта, имеющих ссылку на модель.



**Расширения файлов в PTC Creo Parametric.** В PTC Creo Parametric имеются три уникальных вида расширений для идентификации трех общих типов объектов Creo — деталей, сборок и чертежей:

- *.prt* — файлы с этим расширением представляют объекты типа детали;
- *.asm* — файлы с этим расширением представляют объекты типа сборки. В файлах сборки содержатся точки вставки и инструкции, которые определяют и позиционируют набор деталей и подсборок, входящих в сборку;
- *.drw* — файлы с этим расширением представляют объекты типа 2D- (двумерный) чертеж. Файл чертежа содержит точки вставки, инструкции и элементы чертежа для создания документации на деталь или сборку.

Каждый раз при сохранении объекта в Creo система создает новую, упорядоченную версию объекта, добавляя в конец имени файла номер версии, отделенный точкой, например: **имя\_файла.prt.1**, **имя\_файла.prt.2**, **имя\_файла.prt.3** и т. д. При открывании файла система по умолчанию открывает самую последнюю модель (модель с самым большим индексом). Такой подход предоставляет возможность отката на любой предыдущий шаг.

Для удаления версий объекта, утративших свою актуальность, в Creo имеется специальная команда: **Файл > Управление файлом > Удалить старые версии**. Похожая команда **Файл > Управление файлом > Удалить все версии** позволяет удалить все версии. Этой командой удаляются модели не только из оперативной памяти, но и с жесткого диска. Используйте эту команду очень внимательно, так как удаленные файлы не могут быть восстановлены.

Временной отрезок с момента запуска Creo и до момента окончания работы с ним носит название **Сессии**. Все файлы, открытые/созданные в процессе работы с Creo, загружаются в оперативную память компьютера и находятся там все время, пока вы их редактируете. После закрытия файла в рамках одной сессии оперативная память, которая была им занята, не освобождается автоматически. Поэтому при большой продолжительности сессии и нехватке объемов оперативной памяти может появиться заметное замедление работы. Удаление модели из оперативной памяти — это необходимая часть работы с Creo (стирание моделей из оперативной памяти не удаляет их с жесткого диска). Команда **Файл > Управление сеансом > Стереть текущий** выгружает из оперативной памяти текущий объект, а команда **Файл > Управление сеансом > Стереть непоказанные** освобождает оперативную память от невидимых, закрытых ранее объектов.

В PTC Creo Parametric для удаления моделей из оперативной памяти в дополнение к этим командам имеются соответствующие кнопки в панели инструментов *Данные*:



— кнопка **Стереть текущий** (удаляет объект активного окна);



— кнопка **Стереть непоказанные** (удаляет все объекты не в окнах из сессии).

*При подготовке настоящего издания были использованы материалы по проектированию в среде Pro/ENGINEER Wildfire версии 3.0, любезно предоставленные А. В. Булановым, которому авторы выражают искреннюю признательность.*



В процессе проектирования мы познакомимся с основными этапами проектирования изделий:

- разработка твердотельных моделей двух деталей;
- создание сборочного изделия, состоящего из этих двух деталей, модели которых были разработаны на предыдущем этапе;
- разработка рабочего чертежа одной из деталей;
- создание чертежа сборки.

Выполнение упражнения 1.1<sup>2</sup> позволит познакомиться с некоторыми особенностями работы в режимах *Деталь*, *Сборка* и *Черчение*. Выполнение лабораторной работы не сопровождается подробными объяснениями действий, а нацеливает на быстрое вхождение в современную технологию проектирования.

---

## 1.1. Обзор технологии проектирования

---

### Этап 1. Создание детали Shaft (ось)

В первом упражнении большинство команд и действий иллюстрируются рисунками или диалоговыми окнами, которые открываются при выполнении команд. В последующих упражнениях количество иллюстраций существенно меньше и постепенно уменьшается в каждой последующей работе. Это связано как с желанием сократить объем учебного пособия до разумных размеров, так и с надеждой, что в процессе выполнения работ приобретает опыт, позволяющий выполнять типовые действия самостоятельно.

Шаг 1. Запустите программу PTC Creo Parametric 3.0, используя одноименную пиктограмму, расположенную на рабочем столе.

Шаг 2. Выберите **Рабочую папку** (это директория, в которой будет выполняться текущий сеанс работы в PTC Creo Parametric 3.0; эта папка должна быть создана заранее, и вам должны быть доступны все действия с файлами: создание, чтение, редактирование, запись, вывод на печать, удаление. Кнопка выбора рабочей папки находится во вкладке *Начало ленты* Сreo Parametric (рис. 1.2).

В открывшемся окне выберите нужную папку (рис. 1.3) и нажмите кнопку **ОК** (имя папки, которая будет выбрана, может быть иным).

---

<sup>2</sup> При подготовке упражнения 1.1 была использована методология и некоторые решения, изложенные в разделе Lesson 1 учебника Louis Gary Lamit [2].

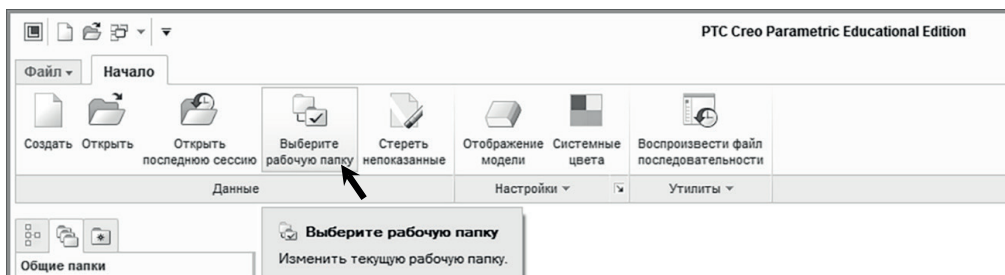


Рис. 1.2. Выбор рабочей папки

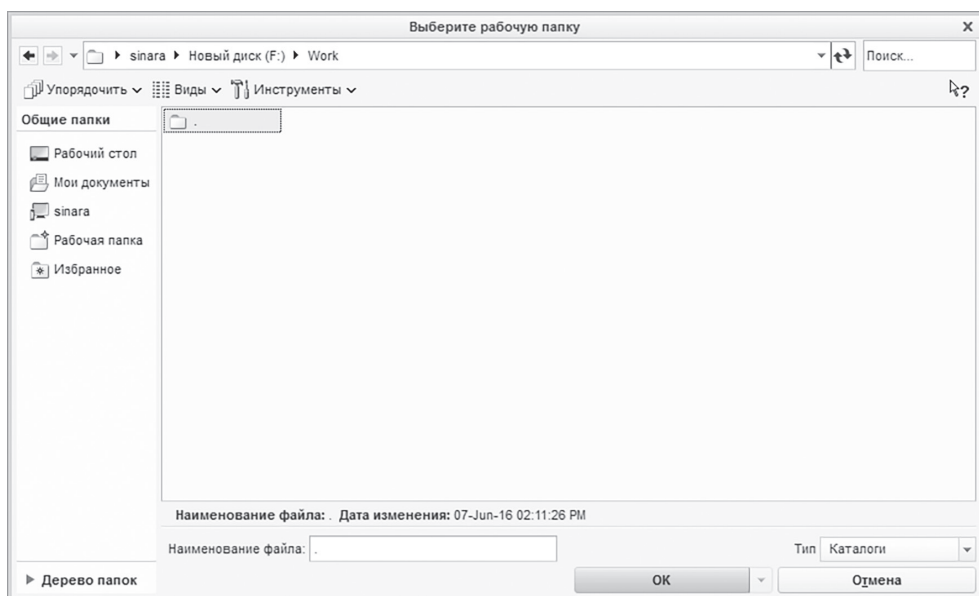



Рис. 1.3. Окно *Выберите рабочую папку*

Шаг 3. Создайте новую деталь **Shaft (ось)** с помощью кнопки  в панели быстрого доступа или аналогичной кнопки, расположенной в левой части панели *Начало*. Открывшееся окно *Создать* представлено на рис. 1.4. Укажите атрибуты операции: тип — **Деталь**; подтип — **Твердое тело**; имя — **shaft**; триггер *Использовать шаблон по умолчанию* — **включен** (☒).

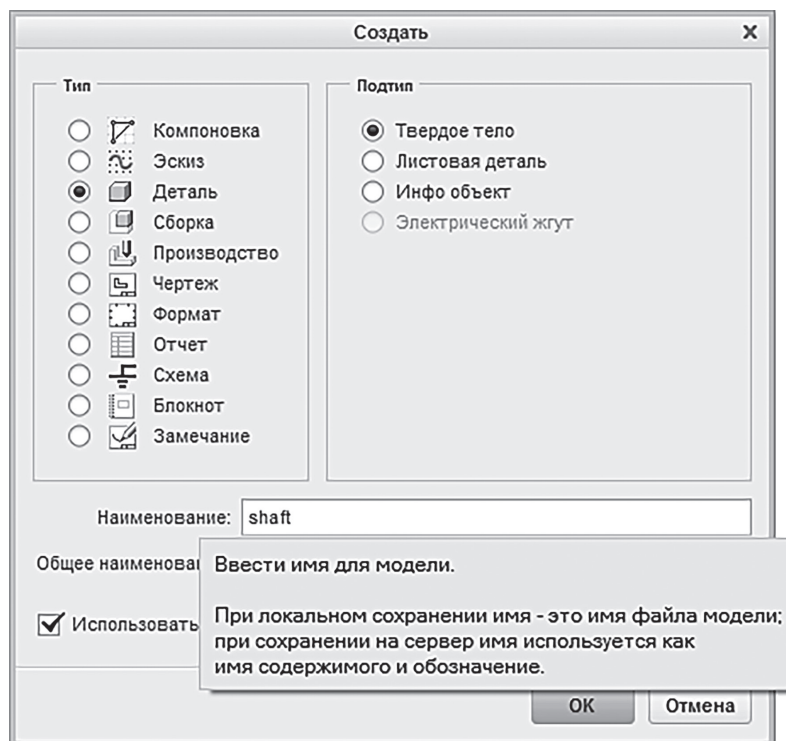


Рис. 1.4. Окно Создать

Результат представлен на рис. 1.5: созданы дерево модели и геометрические объекты по умолчанию опорные плоскости ФРОНТ, ВЕРХ и ПРАВЫЙ, а также система координат CS0.

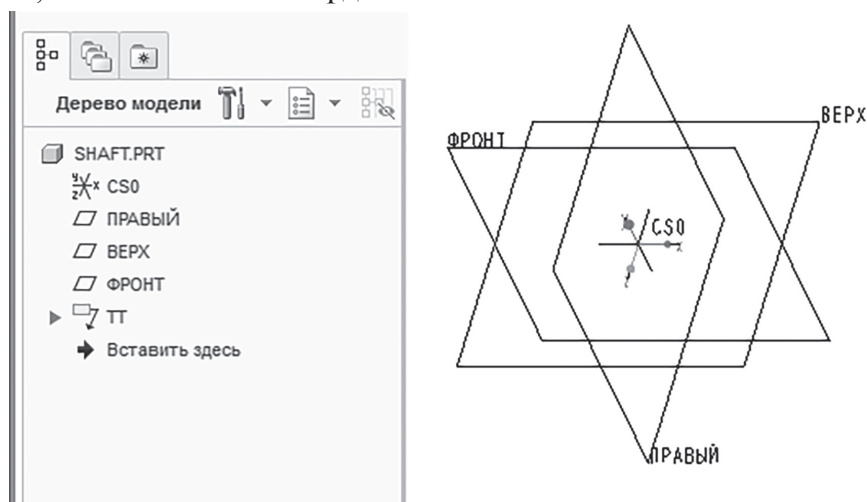



Рис. 1.5. Дерево модели и графическое окно

Шаг 4. Сохраните созданный файл комбинацией **Ctrl+S**. Постарайтесь, чтобы это действие стало привычкой — после каждой новой операции сохранять изменения.

Шаг 5. Создайте базовый элемент детали **Shaft (ось)** командой **Вытя-**

**нуть** (кнопка  находится в панели *Формы* вкладки *Модель* ленты PTC Creo Parametric). Команда **Вытянуть** открывает диалоговую панель *Вытянуть* — рис. 1.6. Откройте вкладку *Размещение* в диалоговой панели *Вытянуть* (на рис. 1.6 показана стрелкой).

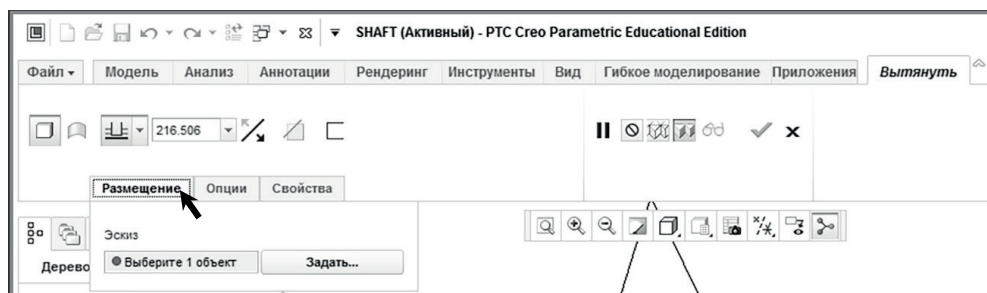


Рис. 1.6. Диалоговая панель *Вытянуть*

Для построения базового элемента будем использовать внутренний эскиз, созданный внутри операции *Вытянуть*. Для выбора этой функции щелкните по кнопке *Задать...*, как показано на рис. 1.7.

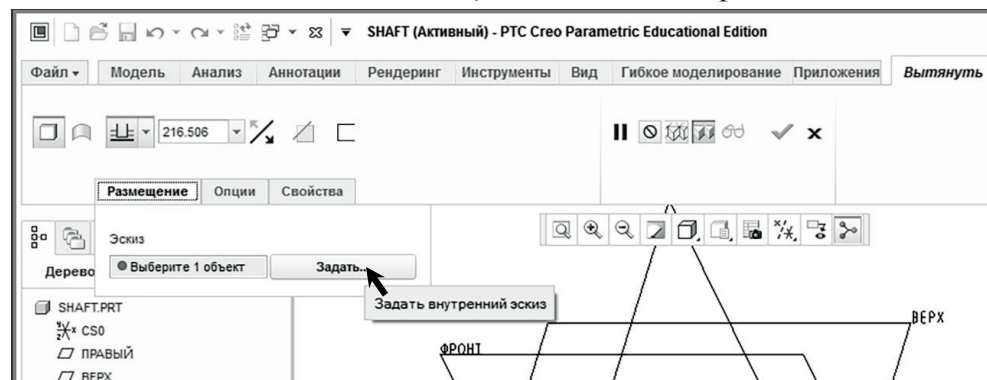


Рис. 1.7. Задаем внутренний эскиз

В графическом окне открывается диалоговое окно *Эскиз*.

Шаг 6. Выберите опорную плоскость *Фронт* в качестве плоскости эскиза (рис. 1.8), указав мышью непосредственно на плоскость *Фронт* в графическом окне или указав на нее в дереве модели.



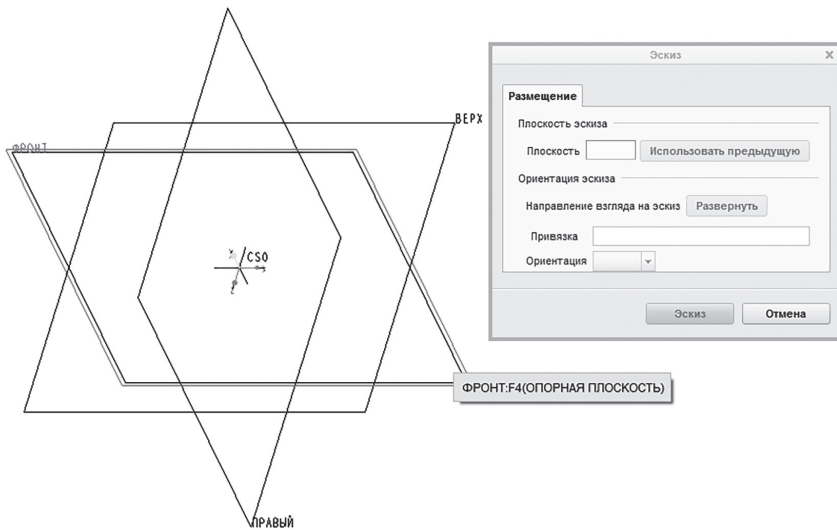


Рис. 1.8. Выбор плоскости эскиза

Наименование плоскости **ФРОНТ** появилось в окне *Плоскость* диалогового окна *Эскиз*. Автоматически в окне *Привязка* диалогового окна *Эскиз* появилась запись **Правый: F2 (опорная плоскость)**, а в окне **Ориентация** — надпись **Вправо**. Это означает, что Creo Parametric предлагает использовать в качестве привязки опорную плоскость **ПРАВЫЙ**, с ориентацией **Вправо**, как показано на рис. 1.9. Согласитесь с предложением по умолчанию, нажав кнопку **Эскиз**.

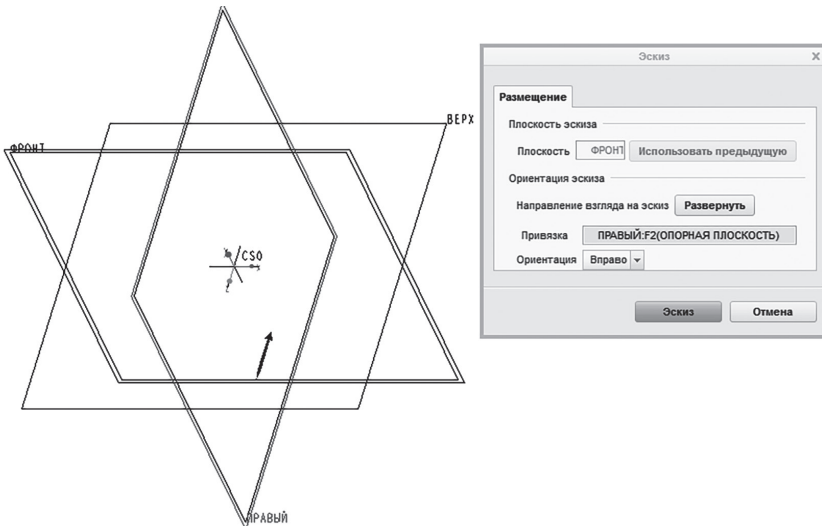


Рис. 1.9. Выбор привязки

Шаг 7. Создайте эскиз операции, создав окружность с центром в точке пересечения опорных плоскостей. Для этого:

- используйте команду **Центр и точка**, как показано на рис. 1.10, а;
- затем укажите центр окружности в созданной по умолчанию системе координат (см. рис. 1.10, б);
- переместите мышью в сторону до появления окружности (см. рис. 1.10, в) и щелкните левой кнопкой мыши;

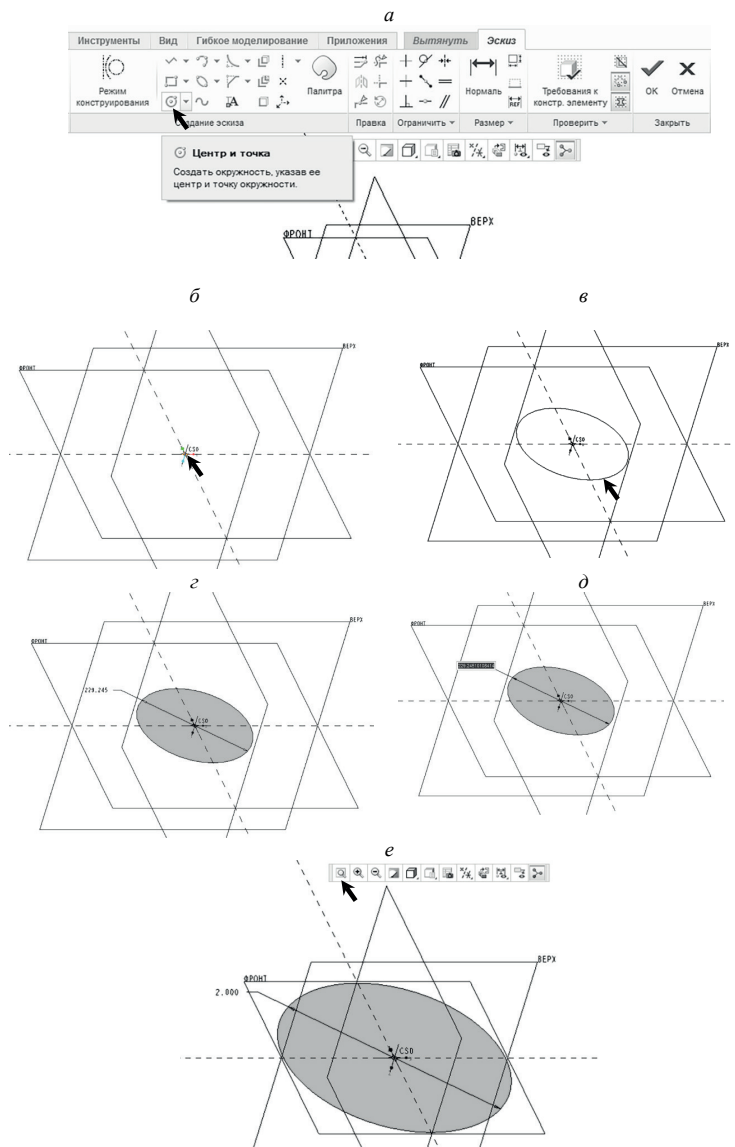




Рис. 1.10. Построение окружности (пояснения в тексте)

- завершите построение окружности нажатием на среднюю кнопку мыши (колесико). На эскизе окружности появился размер, как показано на рис. 1.10, *г* (у вас, вероятнее всего, будет другая величина);
- активизируйте получившееся значение двойным щелчком мыши (см. рис. 1.10, *д*);
- введите «правильный» размер (число 2) и нажмите **Enter**. Построение окружности диаметром 2 завершено (см. рис. 1.10, *е*).

Если изображение эскиза получилось слишком мелким, скорректируйте изображение, используя команду **Вписать** (кнопка запуска команды **Вписать** на рис. 1.10, *е* указана стрелкой).

Шаг 8. Щелкнуть по кнопке  — **Сохранить сечение и выйти** (кнопка расположена в правой части диалоговой панели *Эскиз* на ленте Creo Parametric).

После возвращения в диалоговую панель *Вытянуть* (рис. 1.11) необходимо скорректировать величину вытягивания построенного эскиза. Для этого следует двойным щелчком активизировать значение в окне ввода глубины вытягивания (на рис. 1.11 оно показано стрелкой) и ввести «правильное» значение длины — величину 7, нажать **Enter**. Завершив операцию *Вытянуть кнопкой*  (рис. 1.12), завершаем построение детали **Shaft** (ось).

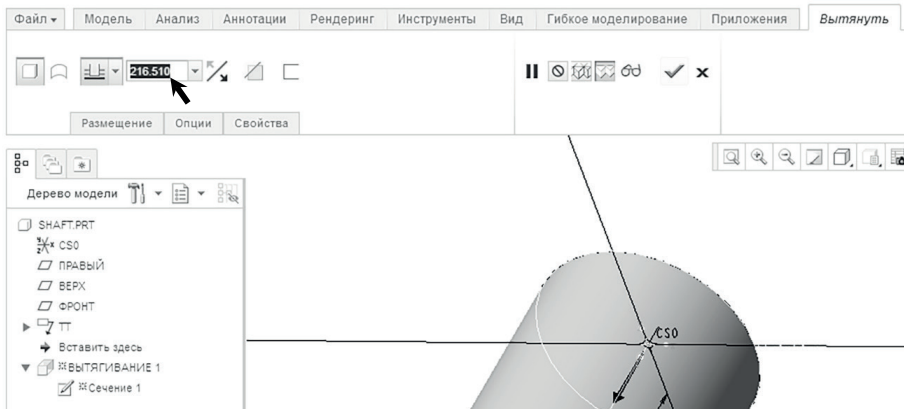


Рис. 1.11. Продолжение операции *Вытянуть*

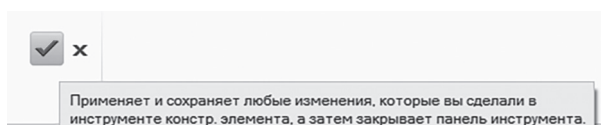



Рис. 1.12. Кнопка завершения операции *Вытянуть*

Если размер модели детали и масштаб графического окна не соответствуют правильному представлению, используйте кнопку **Вписать** графической панели, как показано на рис. 1.13 (упомянутая кнопка показана стрелкой).

Шаг 9. Сохраните выполненную работу командой **Файл > Сохранить** (или используйте комбинацию **Ctrl+S**). Затем закройте файл командой **Заккрыть** в панели быстрого доступа.

Кнопка  (**Заккрыть**) закрывает файл в графическом окне, но это не означает исчезновение его из сессии, поэтому в дальнейшем мы можем оперативно открыть его в этой сессии, а также использовать при создании сборки. Аналогичные действия можно реализовать командой **Файл > Заккрыть**.

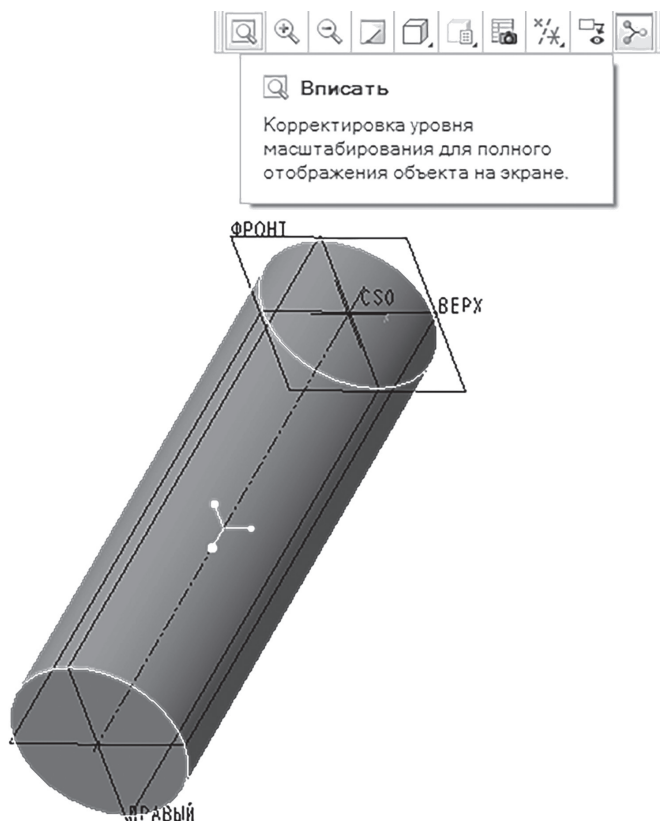


Рис. 1.13. Корректировка масштаба представления модели


На этом завершается проектирование первого элемента в среде PTC Creo Parametric 3.0.

## Этап 2. Создание детали Star (звездочка)

При создании второй детали (рис. 1.14) будут использованы новые команды наряду с теми, которые использовались ранее. На протяжении всего учебного пособия в каждом упражнении используются как уже известные команды (для того чтобы закрепить уже познанное), так и добавляются новые с иными возможностями для приобретения опыта работы с продуктом Creo.

Поскольку, как правило, существует от 3 до 4 способов выполнения почти каждой команды, в учебном пособии представлены альтернативные способы выполнения разных команд. Например, чтобы закончить команду, такую как **Вытянуть**, можно нажать галочку на приборной панели, нажать **Enter** на клавиатуре или среднюю кнопку мыши (колесико).

**Шаг 1.** Выберите **Рабочую папку**. Правильнее будет, если это та же рабочая папка, что показана на рис 1.3.

**Шаг 2.** Создайте новую деталь **Star (звездочка)** с помощью кнопки . Открывшееся окно *Создать* представлено на рис. 1.14. Атрибуты операции: тип — **Деталь**; подтип — **Твердое тело**; имя — **star**; триггер *Использовать шаблон по умолчанию* — включен (☑). Нажмите **СКМ (Среднюю Кнопку Мыши)** или нажмите **Enter**, или щелкните кнопку **ОК** (рис. 1.14).

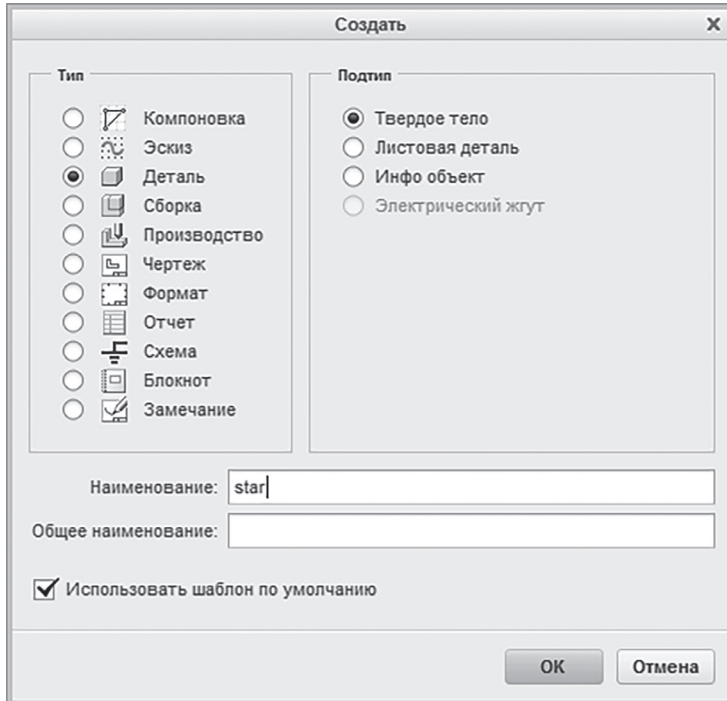



Рис. 1.14. Окно *Создать*

Сохраните файл (кнопка **Сохранить**  в панели быстрого доступа). PTC Creo Parametric не сохраняет файлы автоматически — необходимо вручную сохранять все значимые изменения файлов.

Шаг 3. Произвести дополнительные настройки среды эскиза. Запустить команду **Файл > Опции** (рис. 1.15, а). Включить опции *Показать сетку* и *Привязка к текстуре* в разделе *Среда эскиза* окна *Опции PTC Creo Parametric* (см. рис. 1.15, б).

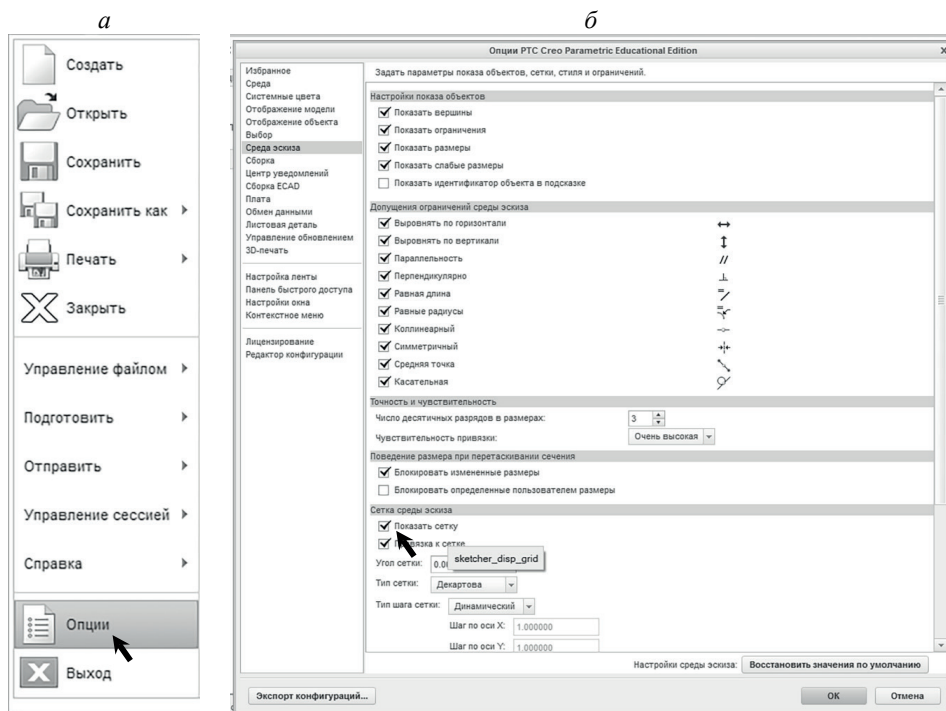




Рис. 1.15. Настройка среды эскиза

Завершить настройку среды эскиза кнопкой **ОК**. На запрос о сохранении внесенных изменений в файле конфигурации ответить **Нет**.

Шаг 4. Выделить в дереве модели опорную плоскость **ФРОНТ** и запустить команду  **Вытянуть**.

Если ориентация плоскости эскиза параллельно экрану не произошла автоматически, щелкните по кнопке **Вид эскиза**  в графической панели (см. рис. 1.16, а) или в панели *Подготовка* вкладки *Эскиз* (см. рис. 1.16, б).

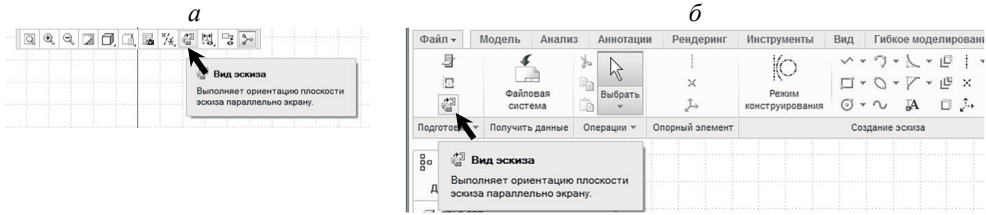


Рис. 1.16. Настройка ориентации эскиза в графической панели (а) и в ленте Creo Parametric (б)

Шаг 5. Установить видимость в графическом окне всех типов опорных элементов и их тэгов (тэг — англ. *tag* — именованная метка). Для этого включить во вкладке *Вид*, на панели *Показать* переключатели видимости опорных плоскостей, осей, точек, координатный систем и центра вращения (верхний ряд) и их тегов (нижний ряд), как показано на рис. 1.17.

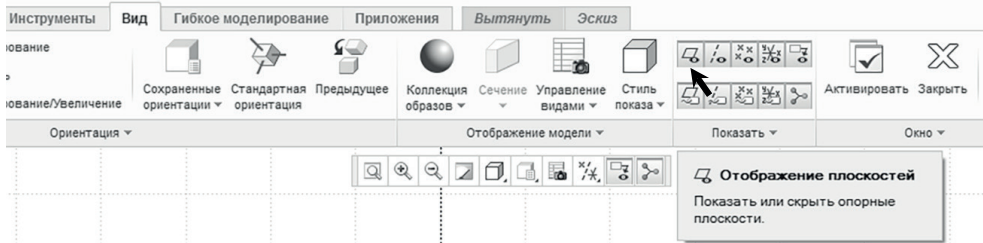


Рис. 1.17. Настройка видимости опорных элементов и их тегов

Переключиться в панель *Эскиз*, запустить команду *Палитра* (рис. 1.18).

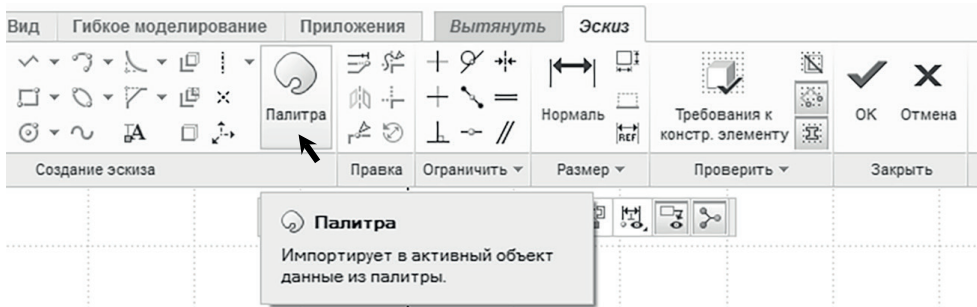


Рис. 1.18. Команда *Палитра* панели *Эскиз*

Шаг 6. Найти в палитре (окно *Палитра* среды эскиза представлено на рис. 1.19, а) элемент — 10-конечная звезда, расположенный во вкладке *Звезда*. Двойным щелчком ЛКМ (Левой Кнопки Мыши) выбрать его

и щелкнуть ЛКМ вблизи точки пересечения опорных плоскостей в графическом окне (см. рис. 1.19, б).

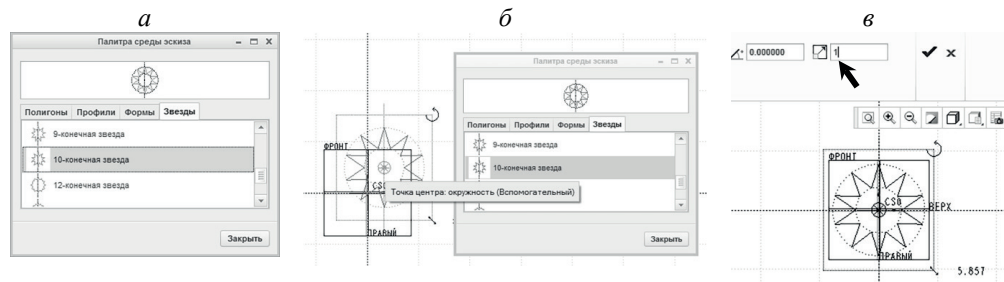



Рис. 1.19. Построение эскиза звезды

Щелкнув ЛКМ в центре эскиза, привязать к нему центр звезды. Введите коэффициент масштабирования, равный 1, в предназначенном для него поле (см. рис. 1.19, в). Завершите масштабирование звезды кнопкой ✓, закройте окно *Палитра среды эскиза* кнопкой *Закрыть*, щелкните кнопку **Вписать**  в графической панели для полного отображения звезды на экране. Результат на рис. 1.20.

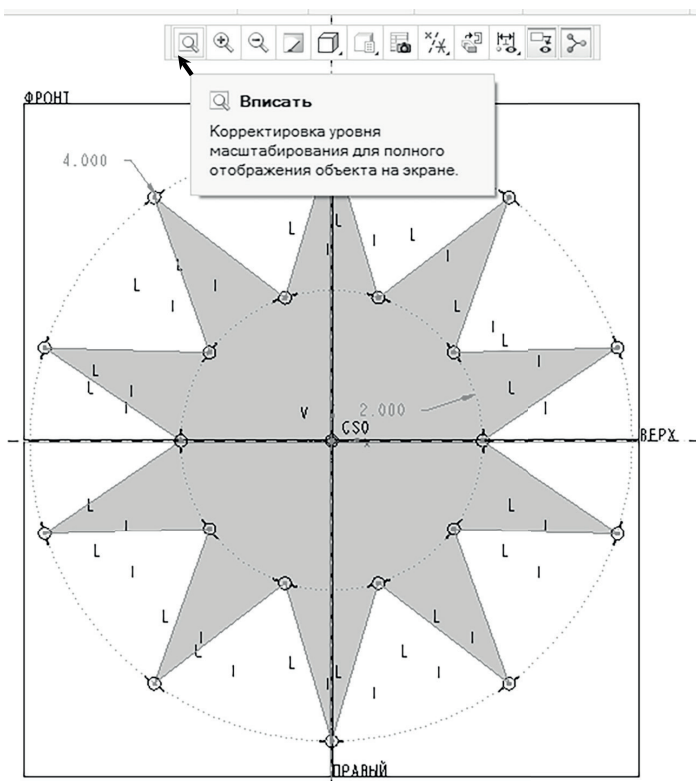




Рис. 1.20. Завершение построения эскиза звезды



Завершите создание эскиза кнопкой . Базовый эскиз детали завершен.

Шаг 7. Вернувшись по завершении эскиза в панель *Вытянуть* (рис. 1.21), введите глубину вытягивания, равную 3, как показано на рис. 1.21, а. Завершите операцию вытягивания кнопкой . Результат операции показан на рис. 1.21, б.

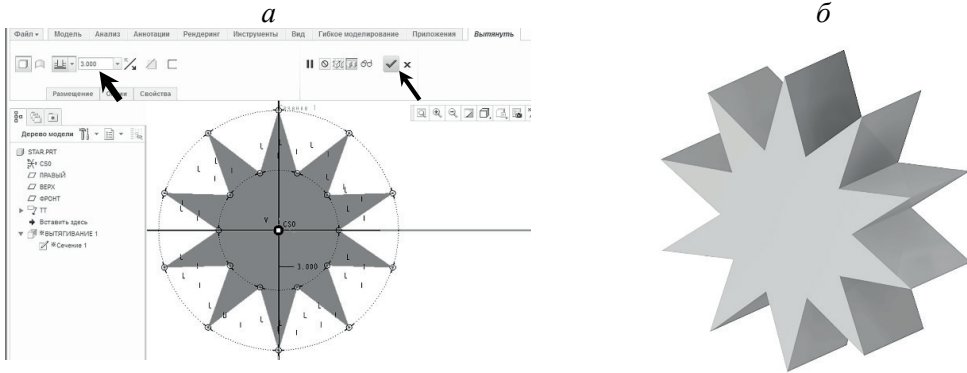



Рис. 1.21. Назначение глубины вытягивания (а) и результат операции (б)

Щелкните по кнопке **Вписать** () в графической панели, затем перейдите в *Стандартную ориентацию*. Это можно сделать тремя путями:

- команда **Вид > Ориентация > Стандартная ориентация**;
- команда **Графическая панель > Сохраненные ориентации > Стандартная ориентация**;
- комбинация клавиш **Ctrl+D**.

По завершении не забудьте сохранить результат (**Ctrl+S**).

Шаг 8. Создание отверстия. Запустите команду **Отверстие** кнопкой , расположенной на панели *Проектирование* вкладки *Модель*. Укажите поверхность детали **Star**, на которой должно расположиться отверстие. На рис. 1.22, а эта поверхность показана стрелкой и называется **Поверхн: F6 (ВЫТЯГИВАНИЕ\_1)**.

После указания поверхности на модели появляется виртуальное отверстие с двумя характерными зелеными маркерами, показанными на рис. 1.22, б длинными стрелками.

Находясь в графическом окне, нажмите и удерживайте **ПКМ** (Правую Клавишу Мыши). В появившемся окне, как показано на рис. 1.23, а, щелкните триггер *Коллектор привязок смещения* и щелкните на нем ЛКМ.

Нажмите и удерживайте клавишу **Ctrl** на клавиатуре, выберите опорную плоскость **ПРАВЫЙ** в дереве модели; продолжая удерживать кла-

вишу **Ctrl**, выберите опорную плоскость **ВЕРХ** в дереве модели. Выбранные плоскости стали выделенными и на модели (рис. 1.23, б). Отпустите клавишу **Ctrl**.

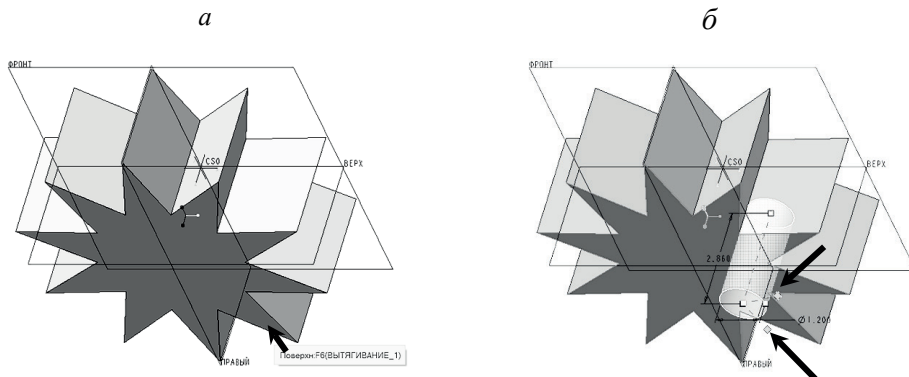


Рис. 1.22. Создание отверстия. Начало

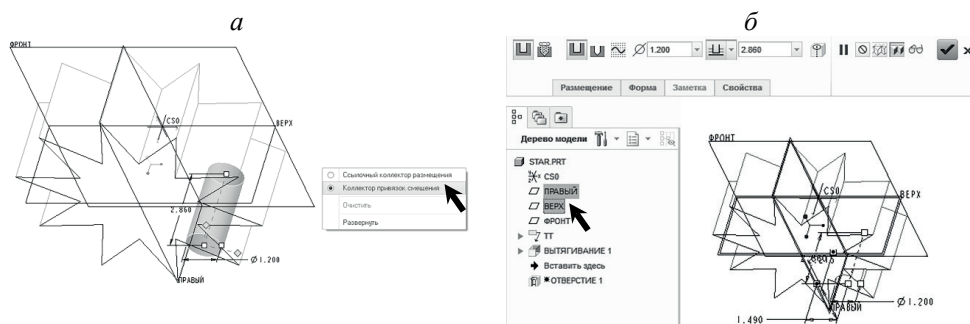


Рис. 1.23. Создание отверстия. Продолжение

Откройте вкладку *Размещение* в диалоговой панели *Отверстие*, как показано на рис. 1.24, а.

В области *Привязки смещения* указаны выбранные опорные плоскости **ПРАВЫЙ** и **ВЕРХ**, а также указана величина смещения оси отверстия от выбранных плоскостей. Ваши значения, скорее всего, имеют другую величину, поскольку они зависят от координат точки на плоскости, которую указали.

Щелкните по *Коллектору привязки смещения* от плоскости **ПРАВЫЙ**, как показано на рис. 1.22, б, и смените значение коллектора с *Смещение* на *Выводить*, как показано на рис. 1.24, в.

Затем то же самое следует произвести с коллектором привязки плоскости **ВЕРХ**. В результате смены привязок должна быть картина, представ-

ленная на рис. 1.24, г. Коллекторы привязок теперь не смещены от плоскостей ПРАВЫЙ и ВЕРХ на определенные величины, а выровнены, то есть совпадают с этими плоскостями. (Аналогичного результата можно добиться, если оставить значения коллекторов в состоянии *Смещение* и ввести значение смещения, равное 0.0.).

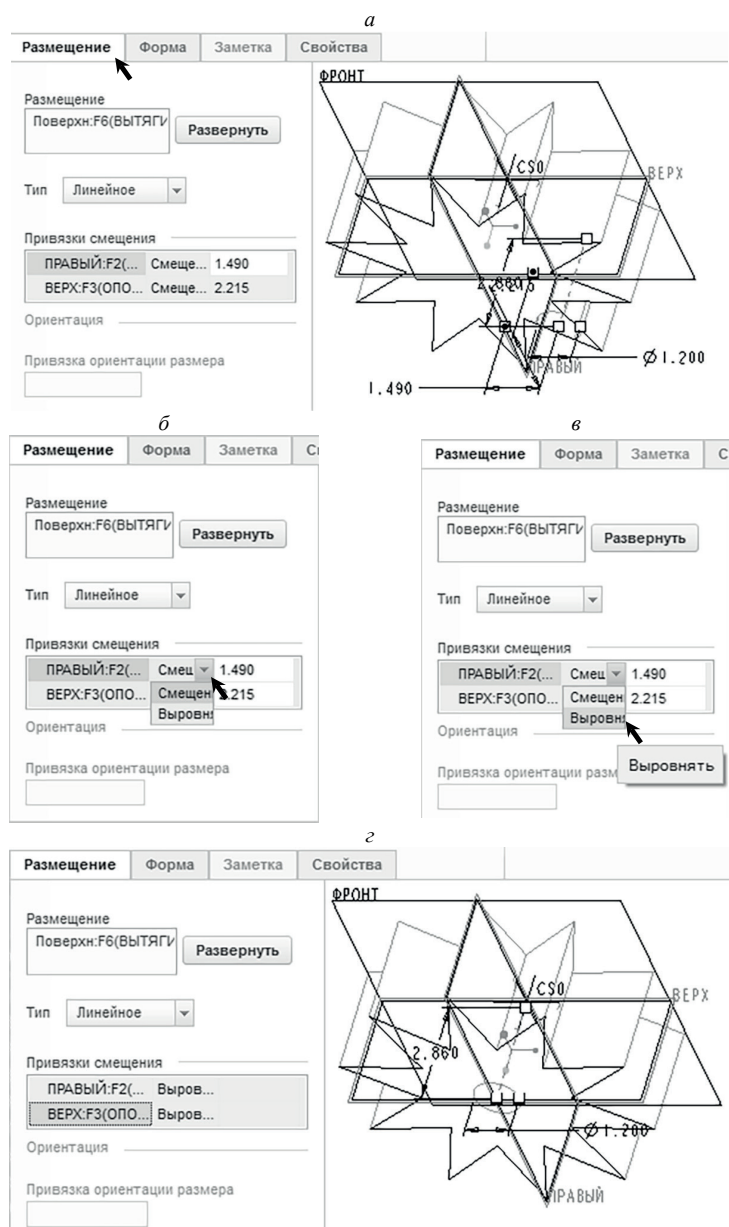



Рис. 1.24. Назначение положения оси отверстия

Шаг 9. Назначение атрибутов отверстия. Введите атрибуты отверстия, как показано на рис. 1.25: диаметр отверстия — 2; глубина — сверлить до пересечения со всеми поверхностями. Завершите команду кнопкой .

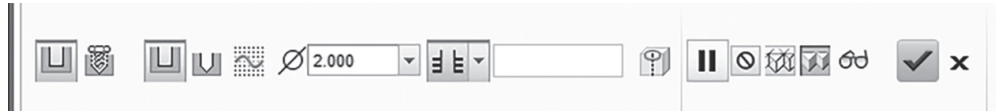


Рис. 1.25. Атрибуты отверстия

Установите стиль отображения в графической панели *Закраска с кромками*, нажмите ЛКМ для отмены выделения отверстия и сохраните модель (**Ctrl+S**).

Шаг 10. Изменение внешнего представления. Для изменения представления используем команду **Вид > Отображение модели > Коллекция образов**. Выберите в коллекции образов **ptc-std-gold-polished**, как показано на рис. 1.26 (или любой другой образ). Щелкните указателем мыши, который предстал в образе кисточки, по названию модели в дереве модели (STAR.PRT), затем по кнопке **ОК** в окне *Выбрать* в верхнем правом углу экрана.

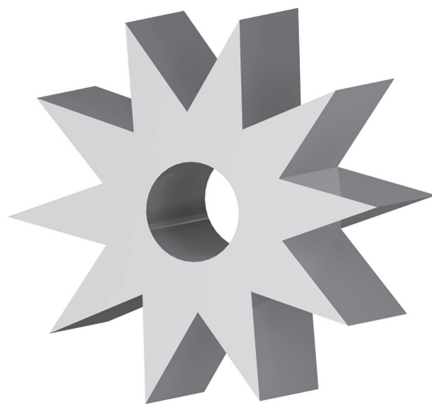
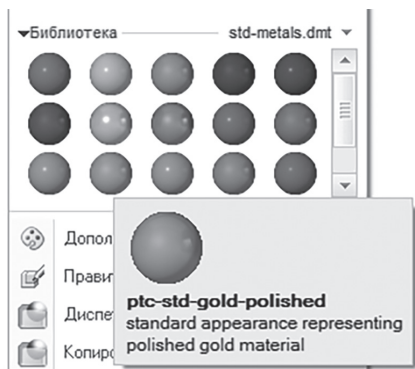


Рис. 1.26. Смена представления (а) и результат (б)

Завершите упражнение, сохранив изменения (**Ctrl+S**). Для освобождения графического экрана используйте команду **Файл > Управление сессией > Стереть текущий**. Подтвердите решение ответом **Да**. Файл закрыт, но остался в сессии и с ним можно продолжить работу.

Создание второй детали завершено. Далее объединим две созданные детали в сборку.

### Этап 3. Создание сборки

На данном этапе будет создана модель сборки с использованием двух деталей, смоделированных на предыдущих этапах. Сборка создается путем объединения отдельных деталей по аналогии с тем, как деталь создается объединением отдельных конструкторских элементов. Для создания сборки из отдельных деталей и подборок в PTC Creo Parametric существует режим сборки.

Так же, как и при создании детали, как правило, вначале создается набор опорных плоскостей и система координат. В дальнейшем, при необходимости, могут быть созданы дополнительные опорные элементы и дополнительные компоненты сборки.



Шаг 1. *Создание новой модели.* Создайте модель кнопкой **Создать**. В диалоговом окне *Создать* (рис. 1.27) следует выбрать атрибуты операции: тип — **Сборка**; подтип — **Конструкция**; имя — **gear (механизм)**; триггер *Использовать шаблон по умолчанию* — **включен** (☒).

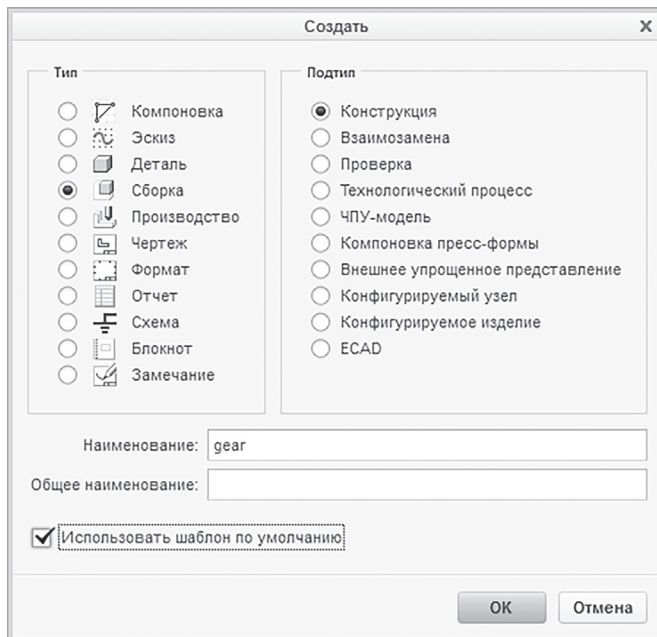


Рис. 1.27. Окно *Создать* при создании *Сборки*

Включить видимость опорных элементов и их тегов во вкладке



*Вид* на панели *Показать* (, , , ). Откройте фильтр дерева модели в кнопке **Настройки** в *Навигаторе* (рис. 1.28, а) и убедитесь, что

все опции находятся в режиме **Вкл** (рис. 1.28, б). Нажмите **ОК**, затем **Файл > Сохранить > ОК**.

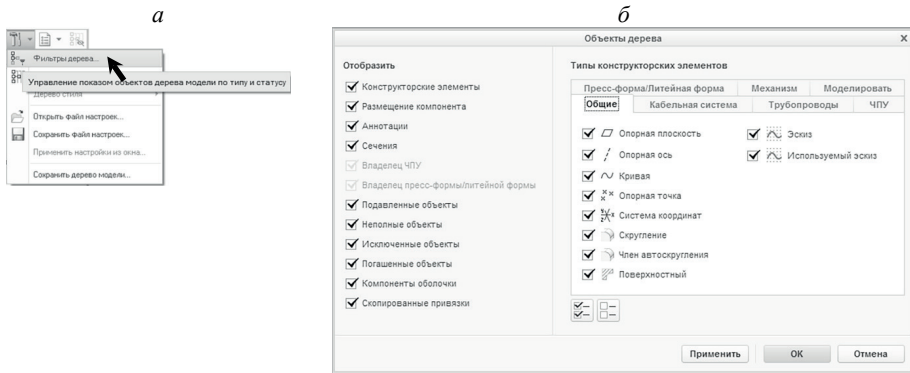


Рис. 1.28. Включение (а) и настройка фильтров (б) дерева модели

**Шаг 2. Включение в сборку первого компонента.** Запустить команду **Собрать** в панели **Компонент** вкладки **Модель** (рис. 1.29, а). В окне **Открыть** выбрать в рабочей папке (открывается по умолчанию) первый компонент сборки — деталь **Star.prt** (см. рис. 1.29, б) и нажать кнопку **Открыть**.

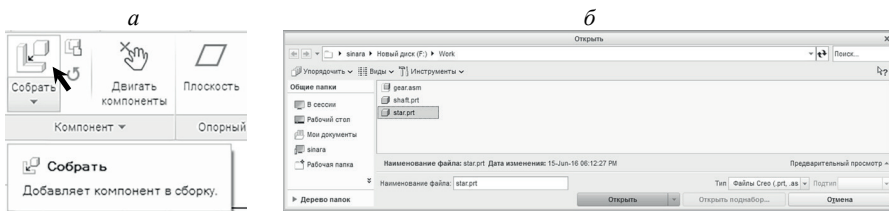


Рис. 1.29. Инициализация (а) включения первого компонента (б) в сборку

Для обеспечения полного отображения объекта на экране щелкнуть по кнопке **Вписать** (□) в графической панели графического окна или **Ctrl+D**. Результат на рис. 1.30, а. В выпадающем списке **Задать тип отношения** задайте ограничение **По умолчанию** (см. рис. 1.30, б).

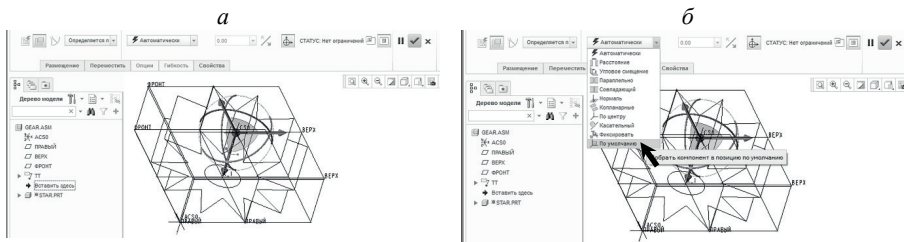


Рис. 1.30. Добавление в сборку первого компонента (а) и его ориентация (б) в сборке

Завершите **Ctrl+D** (Вписать) и **Ctrl+S** (Сохранить).

В результате размещения компонента **Star** в сборке и установки ограничений по умолчанию опорные плоскости **ПРАВЫЙ**, **ВЕРХ** и **ФРОНТ** компонента **Star** совпадают (рис. 1.31) с одноименными опорными плоскостями сборки **GEAR**, система координат компонента **Star** **CS0** совпадает с системой координат **ACS0** сборки **GEAR** (обратите внимание, что прочитать наименование систем координат весьма трудно из-за того, что в пространстве они совпадают, поэтому их теги «наезжают» друг на друга).

Выключите отображение тегов во вкладке Вид .

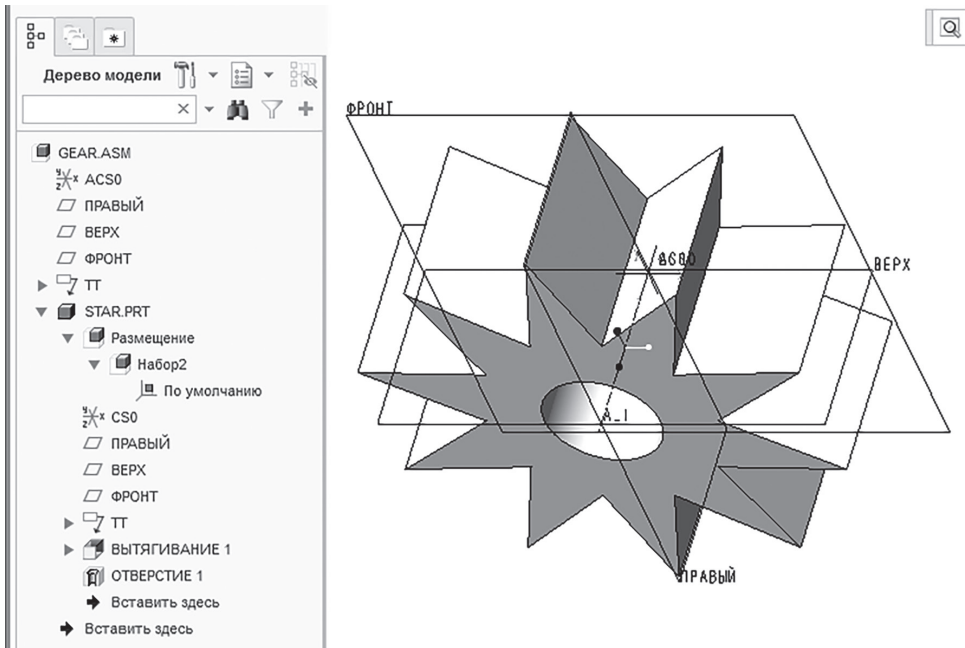



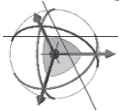
Рис. 1.31. Завершение размещения компонента **Star** в сборке

**Шаг 3. Включение в сборку второго компонента.** Запустить команду **Со-**

**брать** . В окне *Открыть* выбрать в рабочей папке второй компонент сборки — деталь **Shaft.prt** (рис. 1.32, а) и нажать кнопку **Открыть**.

В результате второй компонент **Shaft** разместился в сборке (см. рис. 1.32, б), но, поскольку никаких ограничений на него пока не наложено, он размещается сбоку, не контактируя с первым компонентом. Внешний вид



3-D перетаскивателя  показывает, что у компонента все степени свободы активны (см. рис. 1.32, б).



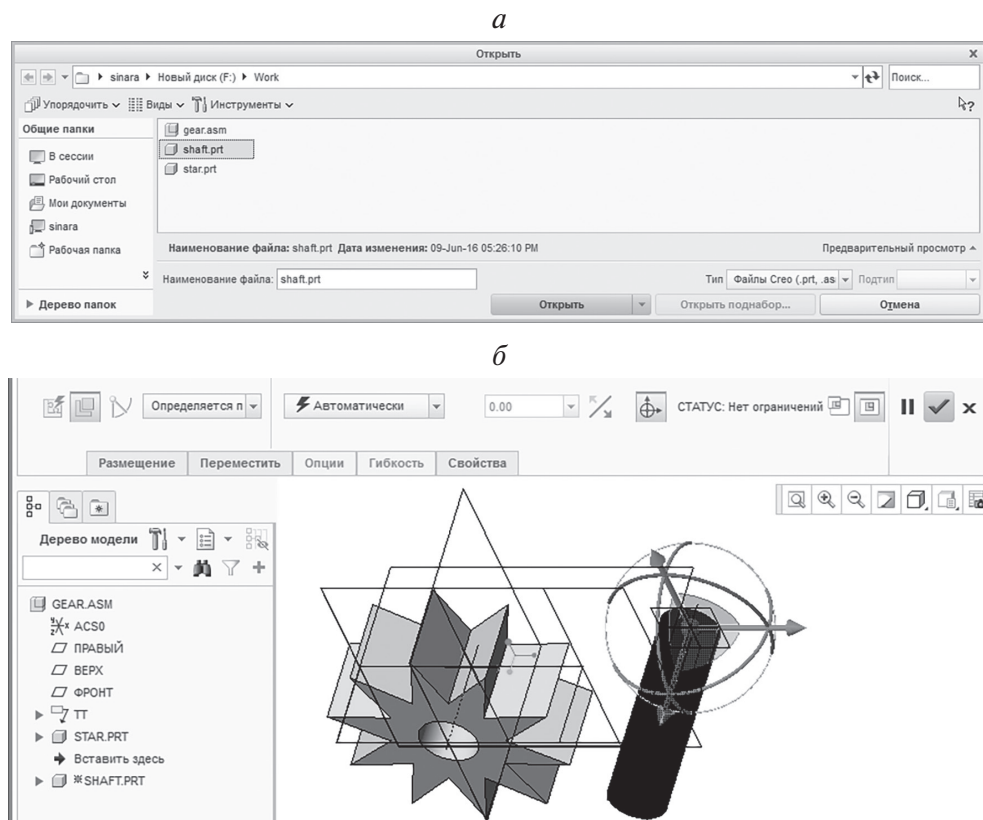


Рис. 1.32. Выбор (а) и включение (б) второго компонента в сборку

Прежде чем наложить ограничения на компонент **Shaft** для его размещения в сборке, нужно выключить (для удобства восприятия) отображения опорных плоскостей и 3-D перетаскивателя. Для отключения отображения опорных плоскостей следует открыть падающий список *Фильтры показа опорных элементов* в графической панели, щелкнуть по триггеру *Выбрать все*, а затем щелкнуть ЛКМ в любой точке графического окна (рис. 1.33, а).

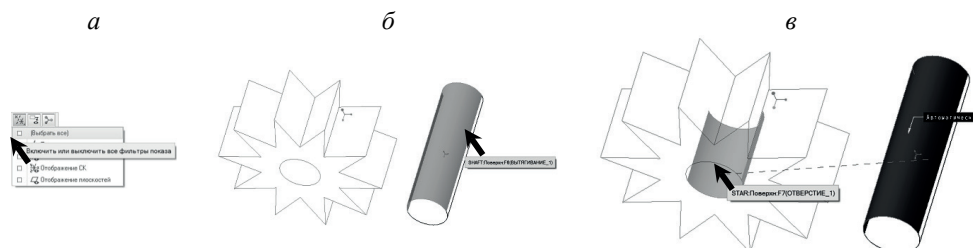


Рис. 1.33. Наложение первого ограничения на компонент Shaft в сборке



Для выключения отображения 3-D перетаскивателя следует щелкнуть



по кнопке **Скрыть 3-D перетаскиватель** в панели *Размещение компонента*.

Выбрать ЛКМ цилиндрическую поверхность компонента **Shaft** (см. рис. 1.33, б), затем цилиндрическую поверхность отверстия у компонента **Star** (см. рис. 1.33, в). **Первое ограничение наложено!**

На рис. 1.34 виден результат наложения ограничения. Следует заметить, что тип ограничения — *Совпадающий* — Creo Parametric наложил самостоятельно. Система анализа намерений конструктора в Creo Parametric весьма совершенна и при выборе ограничений сборки Creo Parametric ошибается редко.

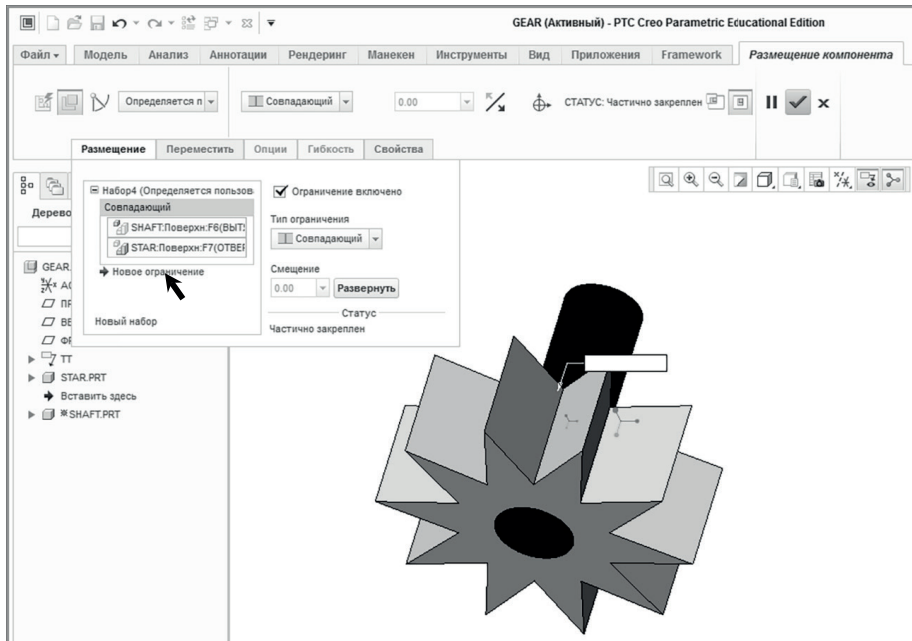


Рис. 1.34. Результат наложения первого ограничения в сборке

Откройте вкладку *Размещение* графической панели *Размещение компонента* (см. рис. 1.34) и запустите опцию *Новое ограничение* (на рис. 1.34 показана стрелкой).

Щелкните ЛКМ на поверхности компонента **Star** (рис. 1.35, а), а затем на торцевой поверхности компонента **Shaft** (см. рис. 1.35, б).

Creo Parametric наложил ограничение *Совпадающий*, как и в первом случае (см. рис. 1.36, а). Изменим данное ограничение на *Расстояние*. Для этого в группе **Тип ограничения** нужно открыть падающий список и вы-

брать в нем другой тип — *Расстояние* (рис. 1.36, а), а затем ввести значение **1.0** в поле *Смещение* (рис. 1.36, б).

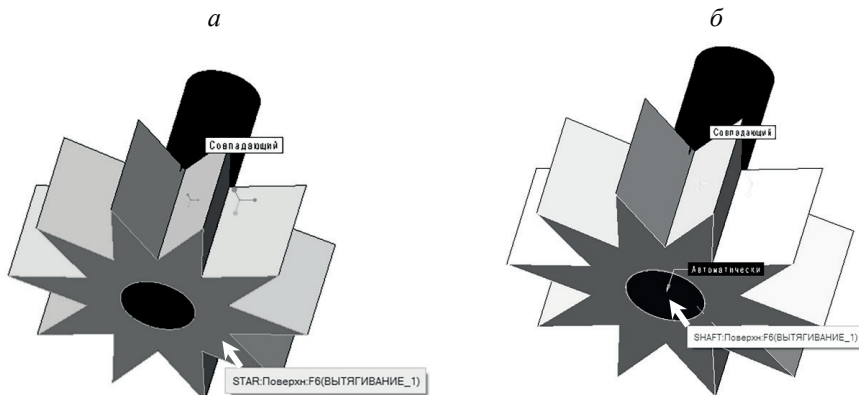


Рис. 1.35. Наложение второго ограничения в сборке

Обратите внимание на изменение статуса сборки — он приобрел значение **Полностью закрепленный** (рис. 1.36, б).

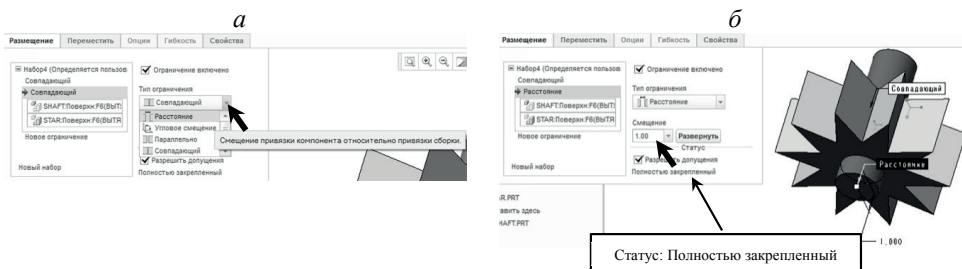


Рис. 1.36. Изменение типа ограничения

Завершите операцию кнопкой . Включите отображение опорных плоскостей в падающем списке *Фильтры показа опорных элементов* в графической панели (см. рис. 1.33, а), щелкнув по триггеру (*Взять все*), а затем щелкните ЛКМ в любой точке графического окна (см. рис. 1.33, а).

Скорректируйте масштаб представления сборки для полного отображения на экране (кнопка **Вписать** в графической панели или **Ctrl+D**), сохраните сборку (**Ctrl+S**).

Выключите видимость всех опорных элементов и их тегов во вкладке



*Вид*, на панели *Показать* ().

Выберите в списке **Стиль показа** (в графической панели) опцию *Закраска с отражением* (рис. 1.37, а) — результат на рис. 1.37, б.

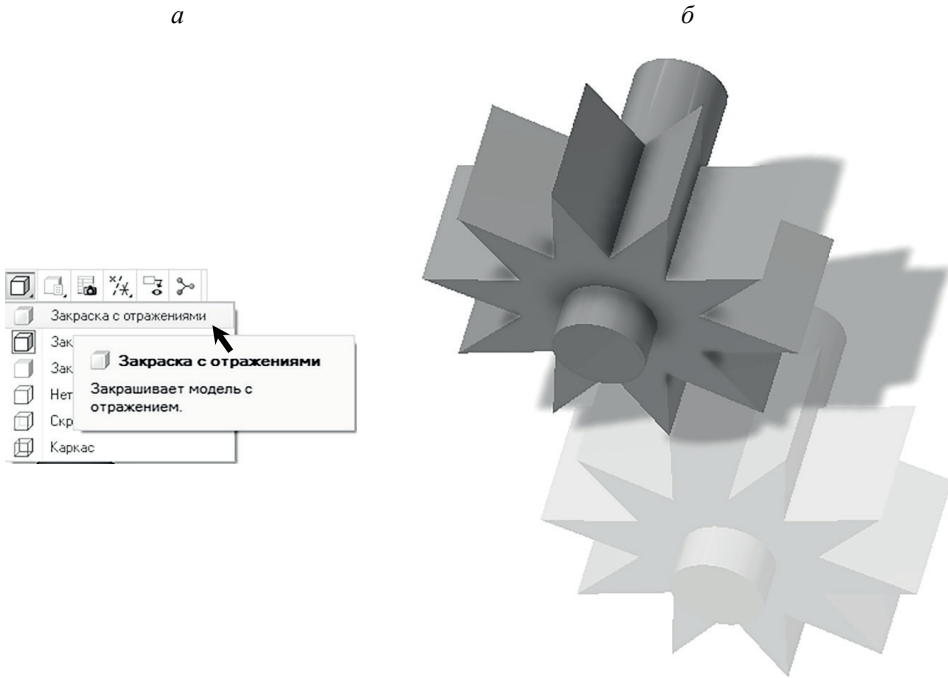



Рис. 1.37. Изменение стиля показа (а) и результат (б)

Заключительные операции:

- команда **Файл > Управление файлом > Удалить старые версии ...** Да-команда **Файл > Сохранить**;
- команда **Файл > Сохранить как >**  **> OK**;
- команда **Файл > Закрыть**.

На этом создание сборки завершено. Далее будут созданы чертежи сборки **Gear** (Механизм) и детали **Star** (Звезда).

#### Этап 4. Создание чертежей

Используя модели деталей и сборки, которые были созданы на предыдущих этапах, здесь будут разработаны сборочный чертеж Механизма (**Gear**) и чертеж детали Звездочка (**Star**).

Режим *Чертеж* в PTC Creo Parametric предоставляет возможности создания и редактирования конструкторской документации, используя 3D-модели деталей и сборок. Размеры, аннотации и другие элементы мо-

делей конструкции, представленные на различных видах чертежа, опираются на эти же элементы в 3D-моделях.



Шаг 1. Создание чертежа. Создайте чертеж кнопкой **Создать**. В диалоговом окне *Создать* (рис. 1.39, а) следует выбрать атрибуты операции: тип — **Чертеж**; имя — **gear** (механизм); триггер *Использовать шаблон по умолчанию* — включен (☒); кнопка **ОК**.

В новом диалоговом окне *Новый чертеж* убедиться (рис. 1.38, б), что в поле *Модель по умолчанию* — имя файла сборки gear.asm (если это не так, нужно найти этот файл, используя кнопку **Обзор...**, расположенную справа от этого поля). В списке шаблонов выбрать шаблон **pro\_technologies** и нажать кнопку **ОК** (рис. 1.39, б).

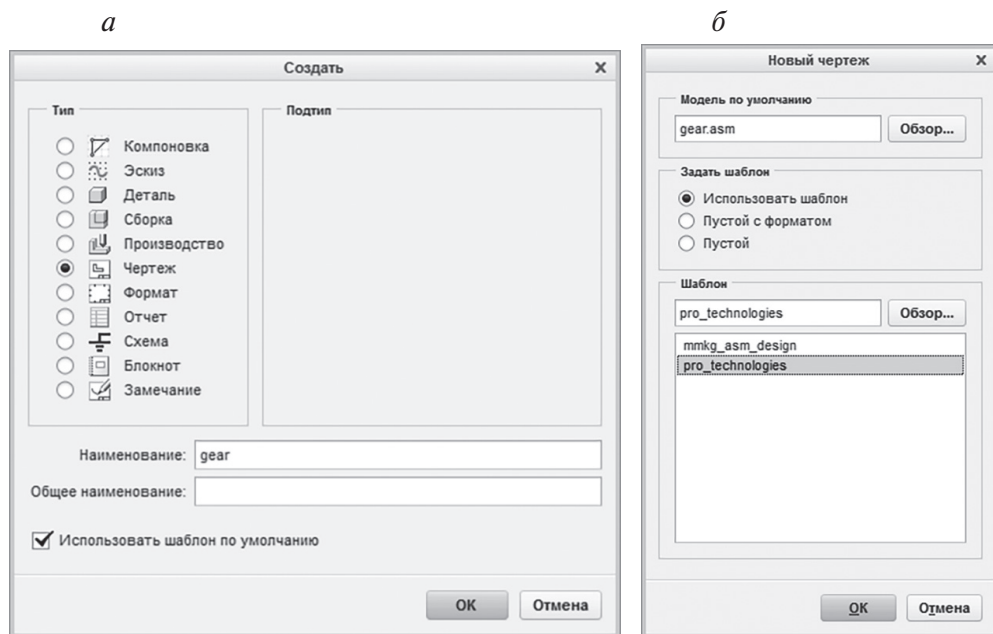


Рис. 1.38. Создание чертежа

В ленте Creo Parametric произошло переключение на вкладку *Компоновка*, а в графическом окне открылся основной вид (в центре) и два вспомогательных (слева и внизу от основного). Назначение вспомогательных видов разберем позже, а начнем работу с основным видом, расположенном в центре (см. рис. 1.49, а).

Нажав ПКМ вызовем контекстное меню и выберем в нем опцию *Настройка листа* (см. рис. 1.39, а). В диалоговом окне *Настройка ли-*

ста откройте прокручивающийся список **Формат** и выберите опцию **Обзор...**, расположенную внизу списка. В диалоговом окне **Открыть** (см. рис. 1.49, в) выберите формат **a2.frm** (**Пользовательские форматы > ФОРМАТЫ > A2 > a2.frm**) и нажмите кнопку **Открыть**.

В диалоговом окне **Настройка листа** нажать **ОК**, подтверждая выбор,

а затем на запрос

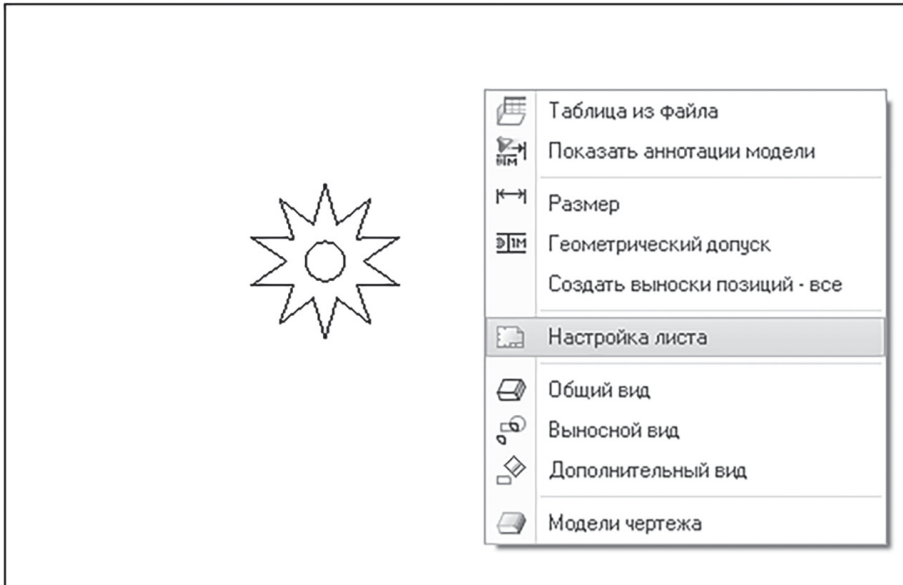
Введите текст для параметра "PTC\_WM\_VERSION" [ПУСТОЙ]:

☒ ☐

нажмите кнопку

✓, оставив пустым поле для текста.

а



б

в

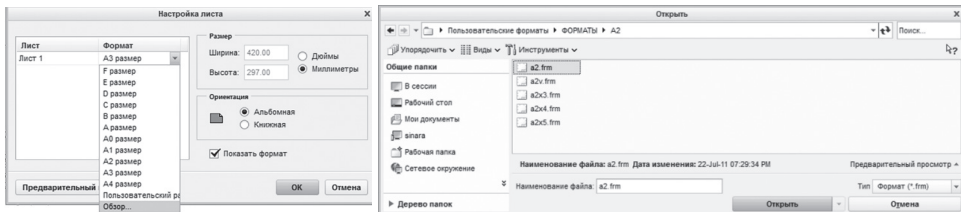


Рис. 1.39. Настройка пространства чертежа

В результате описанных действий основной вид дополнился рамкой и штампом чертежа, выполненными в соответствии с ГОСТ 2.104—2006 ЕСКД. На рис. 1.40 представлен фрагмент чертежа.

								Версия	
								GEAR	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб		
Разраб.						0,00	6:1		
Проб.					Лист	1	Листов	1	
Т. контр.									
Н. контр.					*				
Утв.									
					Копировал: Формат: A2				

Рис. 1.40. Фрагмент оформления чертежа по ГОСТ 2.104–2006 ЕСКД

Шаг 2. Изменение настроек чертежа. В левой нижней части центрального вида в графическом окне имеется строка настроек чертежа (рис. 1.42). В ней содержится информация об используемом в чертеже масштабе (на рис. 1.41 — масштаб 6:1, который не соответствует требованиям ЕСКД), типе чертежа (в нашем случае — сборочный чертеж), наименование чертежа (GEAR) и используемый формат (размер: A2). Строка настроек не является чисто информативной, а позволяет менять настройки при необходимости.

МАСШТАБ : 6:1	ТИП : ASSEM	НАИМЕНОВАНИЕ : GEAR	РАЗМЕР : A2
---------------	-------------	---------------------	-------------

Рис. 1.41. Настройки чертежа

Двойной щелчок ЛКМ по надписи МАСШТАБ позволит изменить принятый по умолчанию масштаб чертежа (рис. 1.42).

Введите значение масштаба

☒
☐

Рис. 1.42. Изменение масштаба чертежа

Введите вместо 6/1 новое значение 20/1 (в обозначении масштаба здесь вместо двоеточия используется косая черта — «слэш»), как показано на рис. 1.42, и завершите изменение кнопкой ✓. Результат на рис. 1.43.

Основной вид чертежа может располагаться не в той позиции, которая показана на рис. 1.43. Для приведения своего чертежа в соответствие с рис. 1.43. можно выделить основной вид (как показано на рис. 1.43) и переместить его в нужное положение, используя технологию DRAG&DROP

(перетаскивания: нажать в центре ЛКМ и, не отпуская ее, переместить мышь в нужное место).

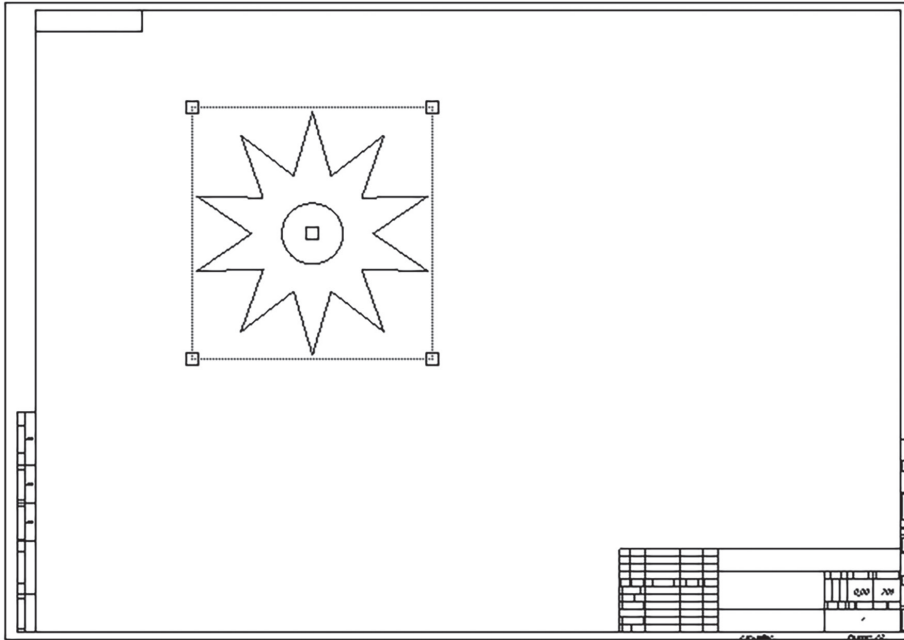


Рис. 1.43. Чертеж с измененными настройками

Шаг 3. Добавление видов. При выделенном виде нажать ПКМ и выбрать в контекстном меню опцию *Вид проекции* (рис. 1.45, а). Щелкнуть ЛКМ ниже существующего вида.

Вновь выделить первоначальный вид, открыть контекстное меню и создать вид справа от существующего. В результате на поле чертежа должны появиться основной вид, вид сверху и вид слева, как показано на рис. 1.44, б.

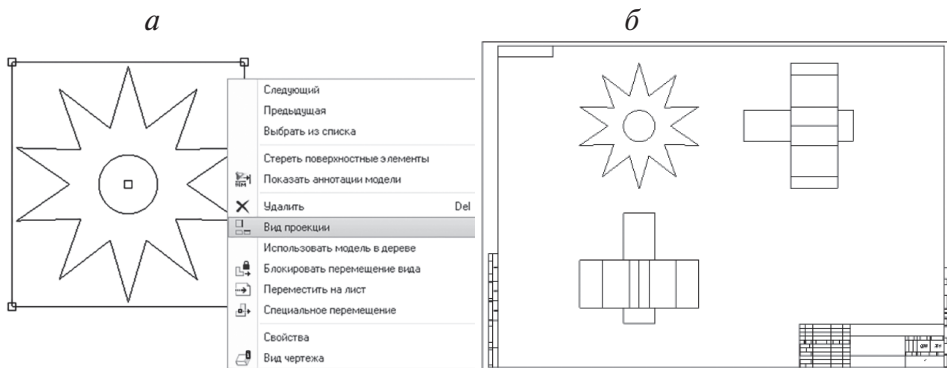


Рис. 1.44. Добавление видов

При необходимости скорректируйте положение видов, используя технологию DRAG&DROP (перетаскивание).

Шаг 4. Добавление изометрического вида. Откройте ПКМ контекстное меню и запустите исполнение команды **Общий вид** (рис. 1.46, а). На утверждение «Нет комбинированного состояния» ответьте **ОК**. Укажите центральную точку для чертежной проекции и нажмите кнопку **ОК**. Чертеж принял вид, представленный на рис. 1.45, б (при необходимости скорректируйте положение видов, используя технологию DRAG&DROP).

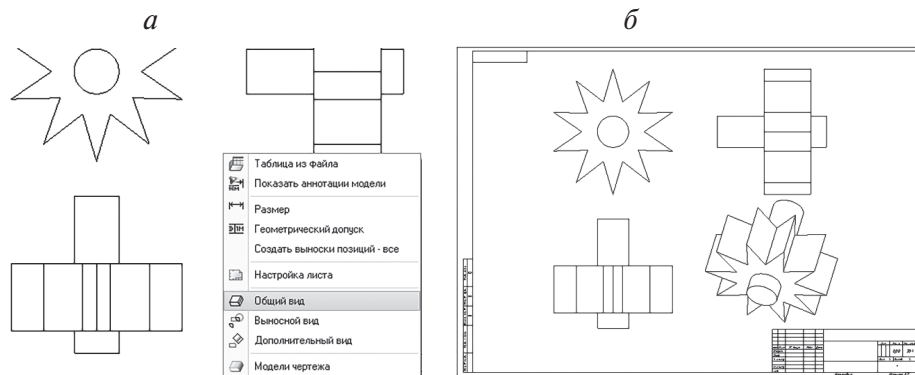


Рис. 1.45. Добавление изометрического вида

Шаг 5. Изменение представления видов. На видах сверху и слева добавим невидимые линии. Выделите двойным щелчком ЛКМ необходимый вид. В окне *Вид чертежа* (рис. 1.46) в категории *Показ вида* измените *Стиль показа* на **Скрытые**. Завершите кнопкой **ОК**.

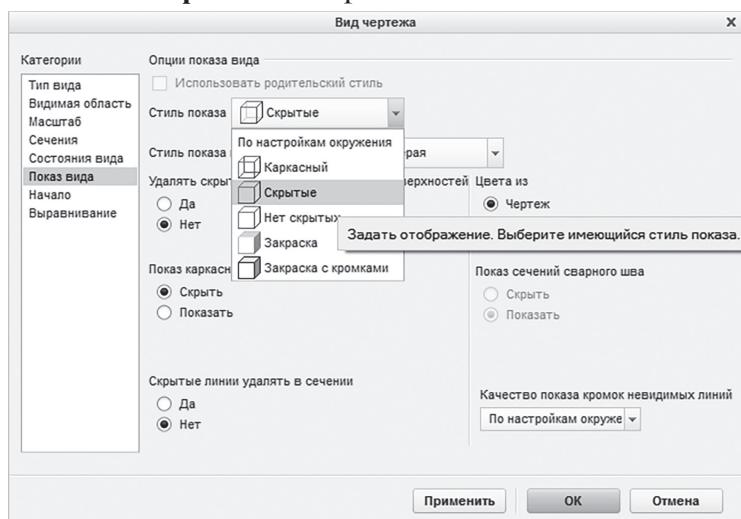


Рис. 1.46. Добавление скрытых линий



Выполнить указанную процедуру на втором виде. Результат на рис. 1.47. При выводе чертежа на плоттер невидимые линии (показаны на рис. 1.47 серым цветом) будут изображены на бумаге пунктирными линиями в соответствии с ГОСТ 2.303–68 ЕСКД.

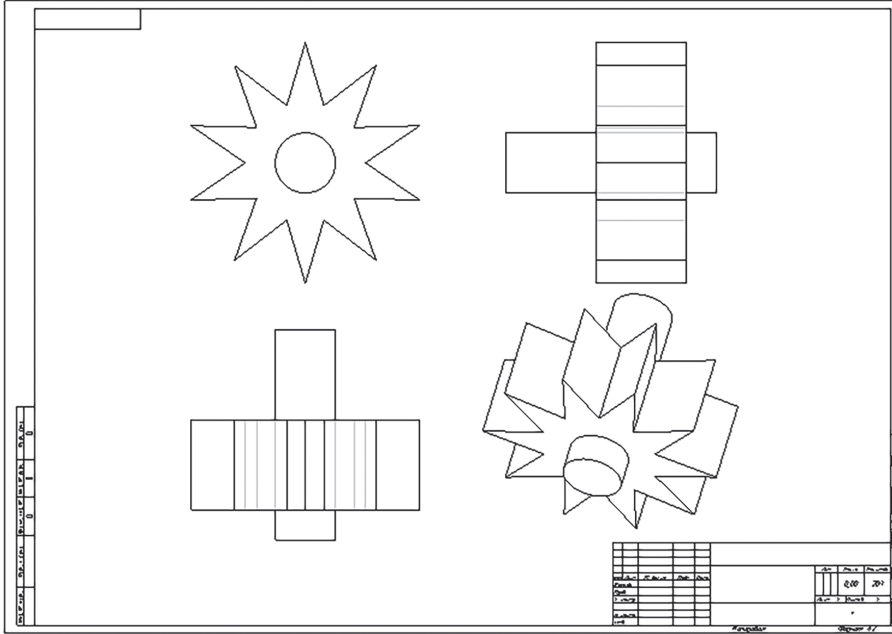


Рис. 1.48. Чертеж с добавленными скрытыми (невидимыми) линиями

Шаг 6. Завершение работы с чертежом. Сохраните файл (**Файл > Сохранить > ОК**). Сохраните файл в формате PDF (**Файл > Сохранить как > Быстрый экспорт (\*.pdf) > ОК**). Сохраните файл в формате ZIP (**Файл > Сохранить как > Сохранить копию > Переключитесь в окне *Сохранить копию* на Тип: *Zip файл (\*.zip)* > ОК**). Закройте файл (**Файл > Заккрыть**).



Шаг 7. Создание чертежа детали. Начало. Создайте чертеж (**Создать**). В диалоговом окне *Создать* (см. рис. 1.49, а) следует выбрать атрибуты операции: тип — **Чертеж**; имя — **star (звездочка)**; триггер *Использовать шаблон по умолчанию* — **включен** (☒); кнопка **ОК**.

В новом диалоговом окне *Новый чертеж* убедиться, что в поле *Модель по умолчанию* — имя файла сборки **srat.prt** (если это не так, нужно найти этот файл, используя кнопку **Обзор...**, расположенную справа от этого поля). В списке шаблонов выбрать шаблон **pro\_technologies** и нажать кнопку **ОК**.

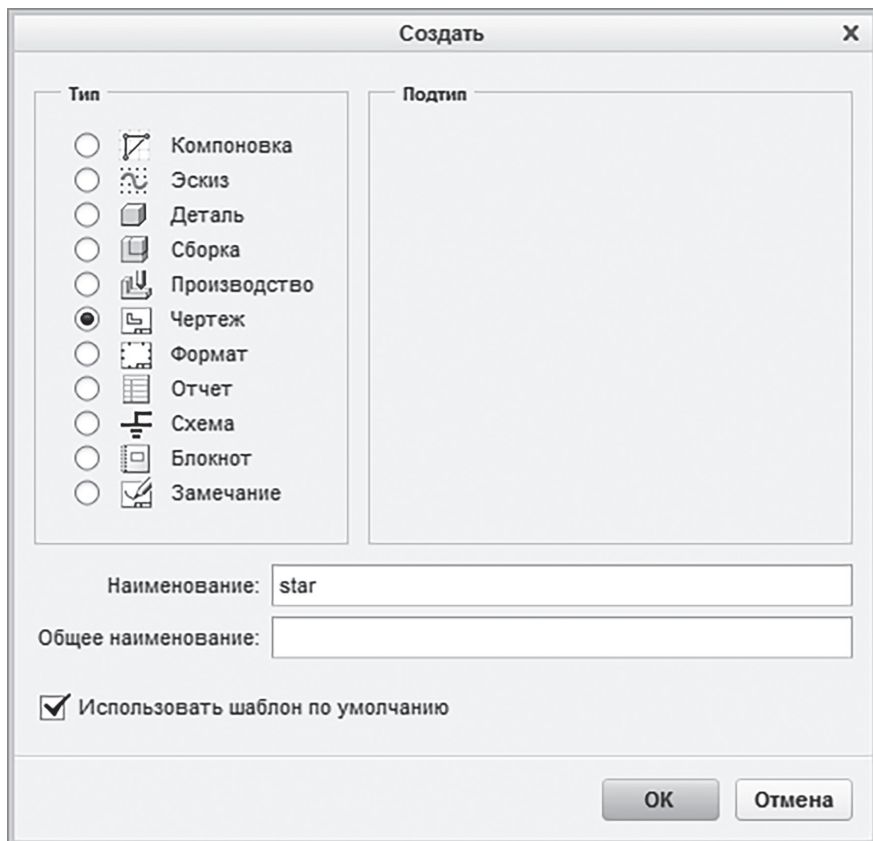




Рис. 1.48. Создание чертежа детали Star

Шаг 8. Настройка листа. Нажав ПКМ, вызовем контекстное меню и выберем в нем опцию *Настройка листа* (см. рис. 1.40, а). В диалоговом окне *Настройка листа* откройте прокручивающийся список *Формат* и выберите опцию *Обзор...*, расположенную внизу списка. В диалоговом окне *Открыть* (см. рис. 1.49, а) выбрать формат a4.frm (Пользовательские форматы > ФОРМАТЫ > A4 > a4.frm) и нажать кнопку **Открыть**.

В диалоговом окне *Настройка листа* нажать **ОК**, подтверждая выбор,

а затем на запрос  нажать кнопку , оставив пустым поле для текста. На рис. 1.49, б показан результат настройки листа.

Измените масштаб на 10:1 по аналогии с шагом 2 настоящего упражнения, где производилась замена масштаба по умолчанию на масштаб 20:1.

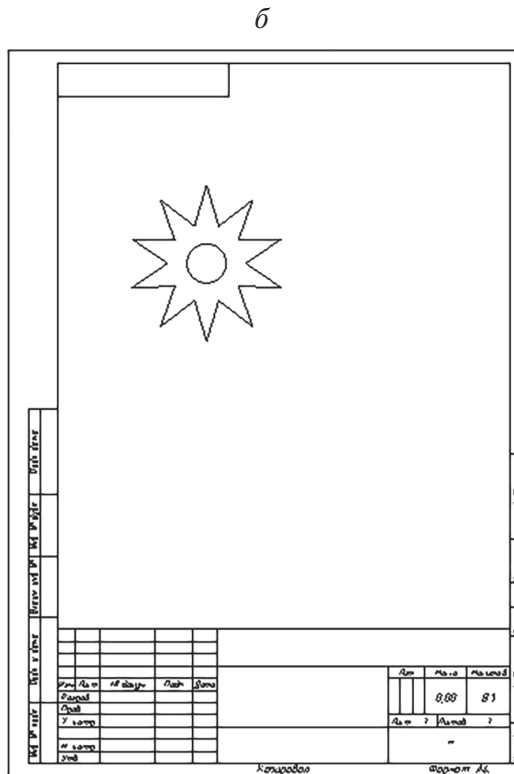
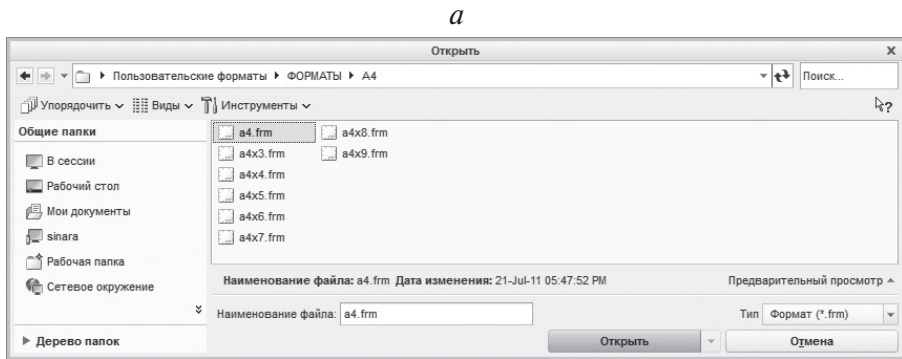


Рис. 1.49. Настройка листа чертежа детали Star

Шаг 9. Добавление видов. При выделенном виде нажать ПКМ и выбрать в контекстном меню опцию *Вид проекции* (рис. 1.50, а). Щелкнуть ЛКМ ниже существующего вида.

Вновь выделить первоначальный вид, открыть контекстное меню и создать вид справа от существующего. В результате на поле чертежа должны появиться основной вид, вид сверху и вид слева.

Откройте ПКМ контекстное меню и запустите исполнение команды **Общий вид** (см. рис. 1.45, а). На утверждение «Нет комбинированного состояния» ответьте **ОК**. Укажите центральную точку для чертежной проекции и нажмите кнопку **ОК**. Чертеж принял вид, представленный на рис. 1.50, б.

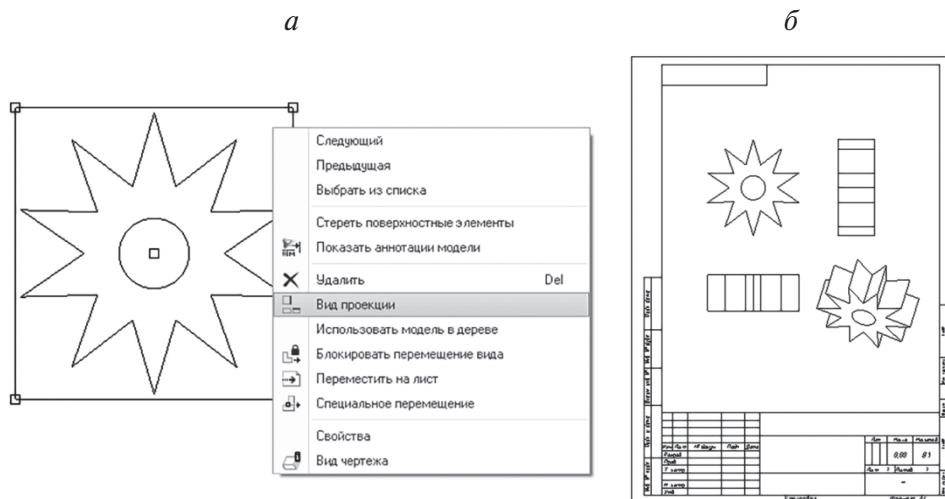


Рис. 1.50. Добавление видов

Шаг 10. Изменение представления видов. Выполните изменение видов по аналогии с шагом 5 настоящего упражнения. Окончательный чертеж детали на рис. 1.51.

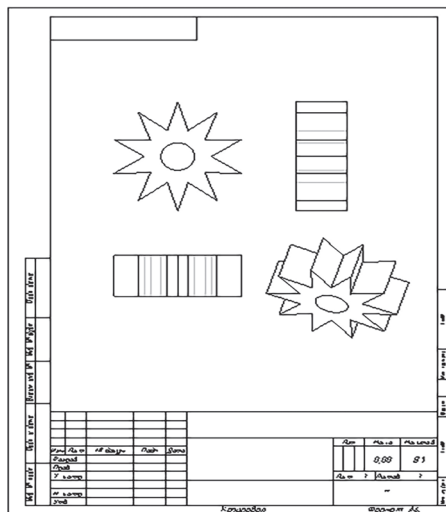


Рис. 1.51. Чертеж детали Star

Шаг 11. Завершение работы с чертежом. Сохраните файл (**Файл > Сохранить > ОК**).

Сохраните файл в формате PDF (**Файл > Сохранить как > Быстрый экспорт (\*.pdf) > ОК**).

Сохраните файл в формате ZIP (**Файл > Сохранить как > Сохранить копию > Переключиться в окне Сохранить копию на Тип: Zip файл (\*.zip) > ОК**).

Закройте файл (**Файл > Закройте**).

## 1.2. Интерфейс PTC Creo Parametric

Главный интерфейс Creo Parametric (рис. 1.52) включает в себя следующие области: *Графическое окно*; *Инструментальную ленту*, содержащую ряд *Вкладок*, каждая из которых содержит несколько *Панелей* (*Панель быстрого доступа*, *Графическую панель*); *Навигатор* и *Строку состояния*. Состав и набор вкладок *Инструментальной ленты* меняются в соответствии с режимом работы. На рис. 1.52 показана *Инструментальная лента* в режиме создания модели детали.

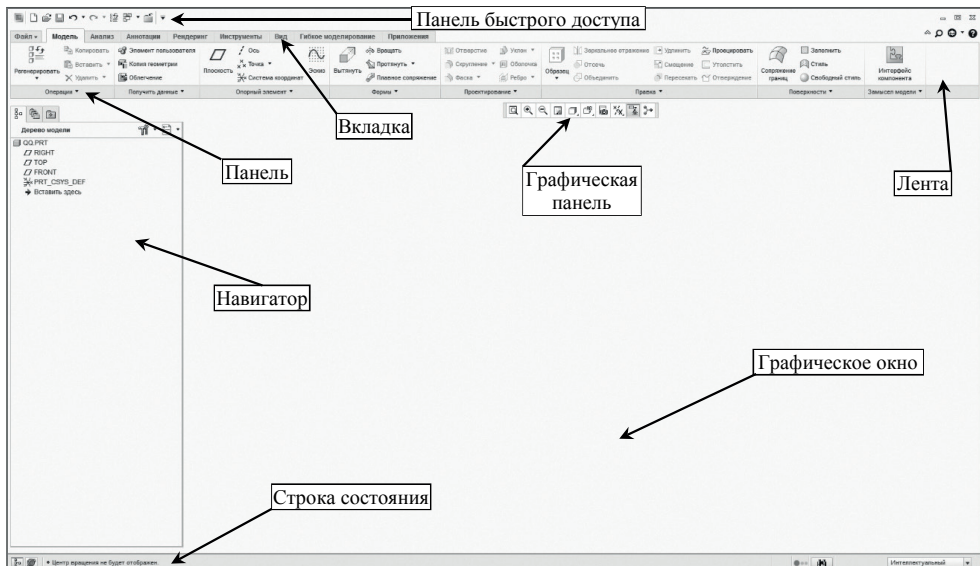






Рис. 1.52. Интерфейс Creo Parametric

*Навигатор*, расположенный в левой части экрана, представляет собой область окна с несколькими закладками , перечень и назначение которых представлены ниже (по порядку — слева направо).

- *Дерево модели*  — список и порядок конструктивных элементов, из которых создана деталь. Для сборки это будет список компонентов и конструктивных элементов.
- *Навигатор папок*  — обеспечивает доступ к папкам на вашем компьютере или в сети (см. *Навигатор* на рис. 1.52).
- *Избранное*  — позволяет запомнить местоположение наиболее часто используемых папок.

На закладке *Дерево модели* имеются кнопки **Настройки** (рис. 1.52, *а*) и **Показать** (см. рис. 1.53, *б*), при нажатии на которые открываются дополнительные меню, позволяющие изменить представление дерева моделей или переключиться в дерево слоев.

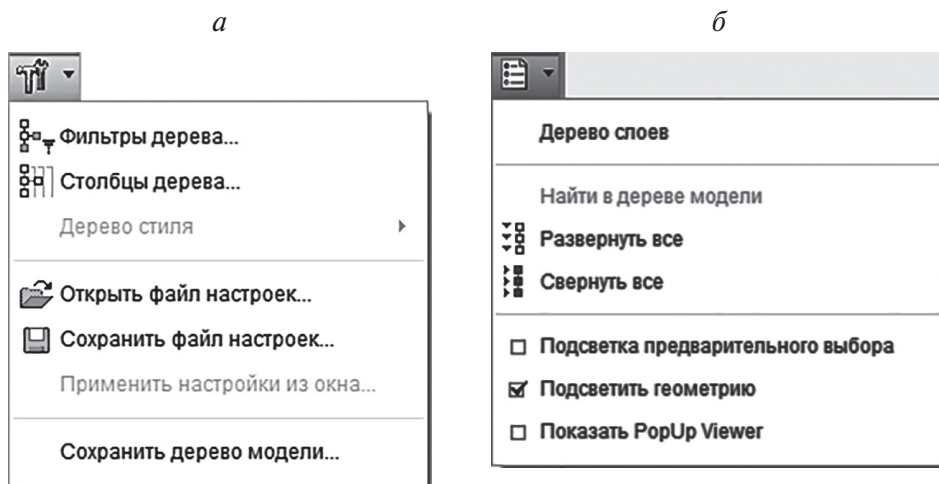


Рис. 1.53. Кнопки Настройки (*а*) и Показать (*б*)

В режиме построения эскиза, интерфейс которого показан на рис. 1.55, *а*, *Инструментальная лента* дополнена вкладками и панелями, относящимися к этому режиму.

Специальными элементами являются инструменты контроля эскиза (см. рис. 1.54, *б*), существенно облегчающие конструктору работу с эскизом.

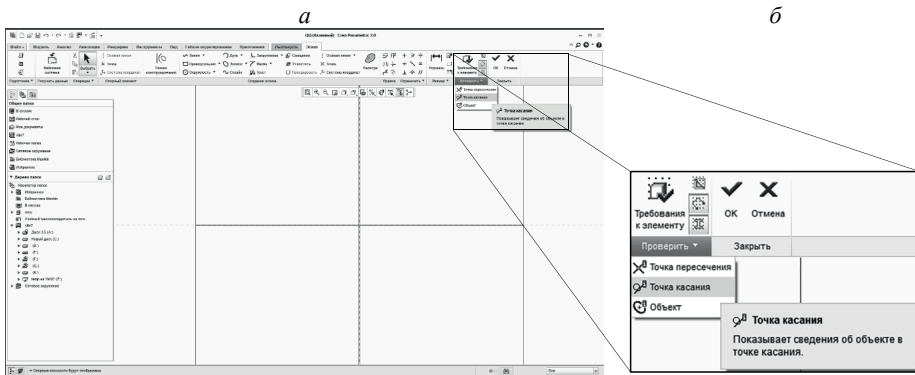


Рис. 1.54. Проверка эскиза

Основными инструментами контроля являются:

- **Закраска замкнутых контуров** — область, образуемая замкнутой цепочкой, закрашивается определенным цветом;
- **Подсветка открытых концов** — открытые конечные точки элементов подсвечиваются, если ни к чему не привязаны;
- **Перекрывание геометрии** — наложенные друг на друга элементы подсвечиваются;
- **Требования к элементу** — проверяется, соответствует ли созданная геометрия в эскизе требованиям, предъявляемым к ним.

На рис. 1.55 представлены дополнительные элементы интерфейса.

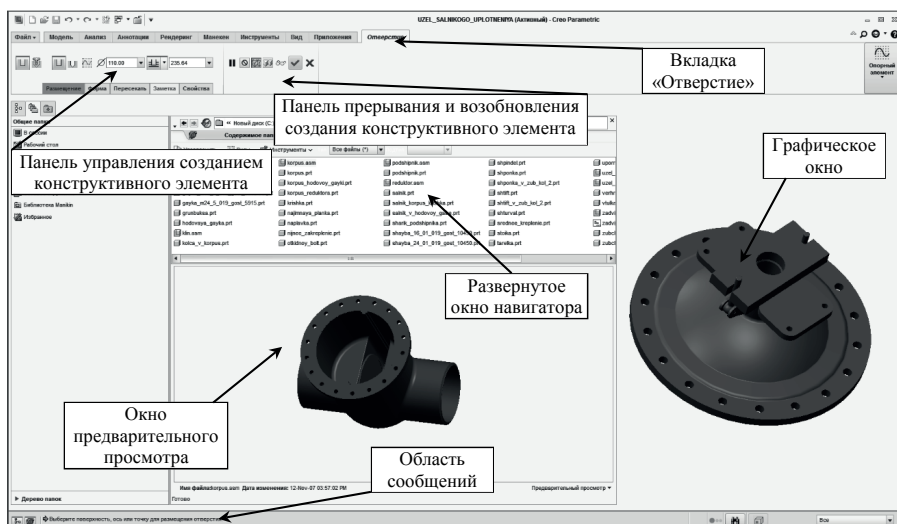


Рис. 1.55. Интерфейс Creo Parametric

Одним из элементов интерфейса являются диалоговые окна. Они представляют собой окна, с помощью которых пользователь сообщает системе свои намерения, вводит необходимые ссылки и устанавливает нужные опции.

Панели инструментов представляют собой набор кнопок (иконок) с обычно используемыми инструментами и функциями. *Инструментальная лента* (расположена сверху) содержит набор вкладок, которые могут быть использованы в данный момент. Для редактирования содержания *Инструментальной ленты* нужно привести курсор мыши на любую из панелей инструментов и нажать правую кнопку. В появившемся контекстном меню, показанном на рис. 1.56, можно выбрать нуждающийся в настройке в этот момент элемент интерфейса. После выбора необходимой опции открывается диалоговое окно *Параметры Creo Parametric* (см. рис. 1.57), позволяющее настроить содержимое *Инструментальной ленты*, *Панели быстрого доступа*, а также других элементов интерфейса Creo Parametric.

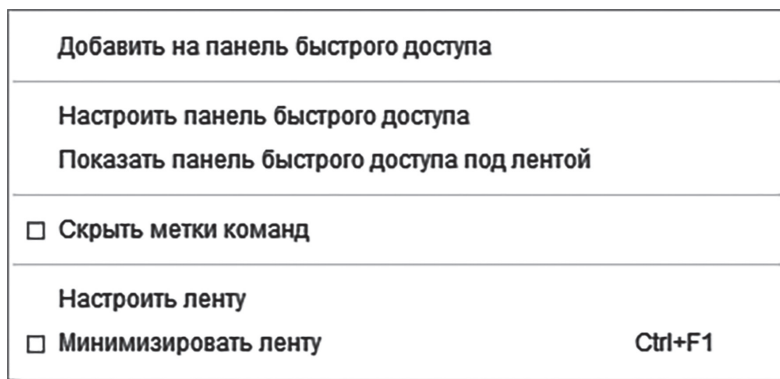


Рис. 1.56. Контекстное меню настройки элементов интерфейса

*Графическое окно* (см. рис. 1.55) представляет собой графическую область Creo Parametric, в которой создаются и модифицируются модели (детали или сборки) и чертежи. Площадь графического окна может быть увеличена за счет минимизации навигатора и/или браузера.

*Окно сообщений* (расположено, в зависимости от настройки, над графическим окном или снизу, под графическим окном) содержит подсказки, отклики и сообщения Creo Parametric. После запуска какого-либо из инструментов создания конструктивных элементов в верхней части экрана появляется панель с набором функций, с помощью которых создается новый конструктивный элемент. Эта же панель появиться при переопре-



делении уже созданного конструктивного элемента. Изменения, вносимые в создаваемый или редактируемый конструктивный элемент, будут сразу же показаны на экране.

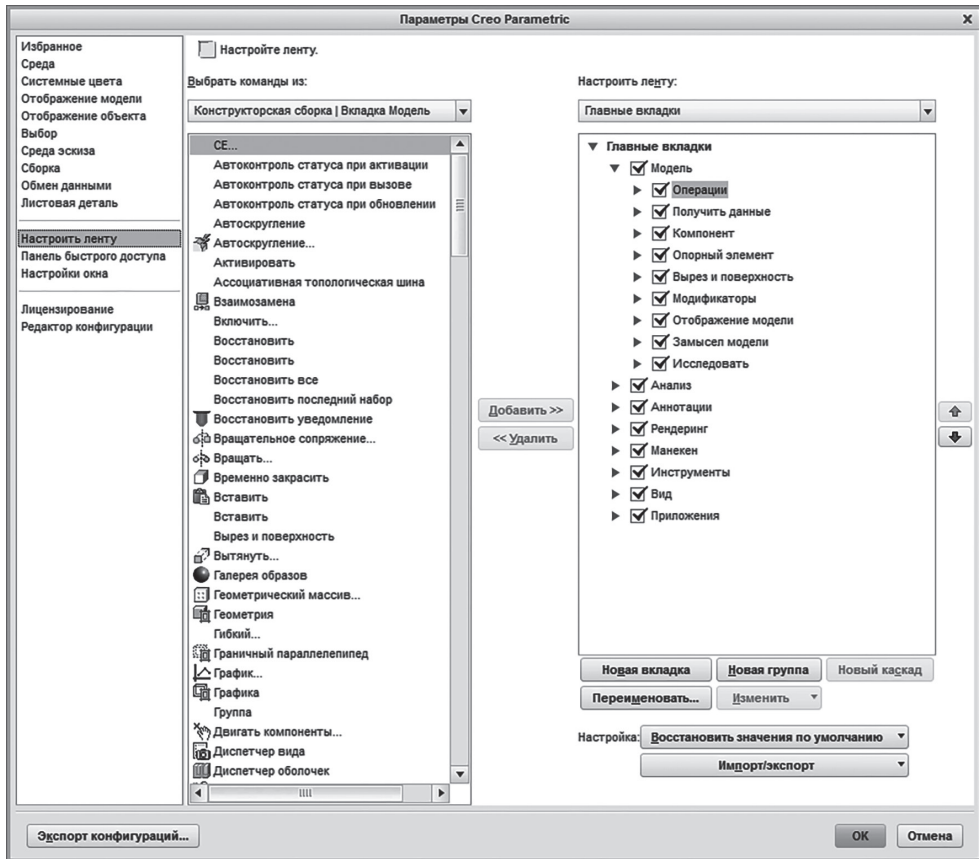


Рис. 1.57. Диалоговое окно *Параметры Creo Parametric*


Составляющими этой панели являются два типа элементов — раскрывающиеся панели, содержащие различные дополнительные опции создания конструктивных элементов, и различные иконки. Слева на панели расположены иконки, позволяющие управлять созданием конструктивных элементов (см. рис. 1.57), а справа — панель прерывания и возобновления создания конструктивного элемента (иконки паузы, предварительного просмотра, завершения и прерывания создания конструктивных элементов).

При использовании некоторых функций системы появляется *Менеджер меню* — каскадное меню, расположенное в правой части экрана.

### 1.3. Ориентация модели в пространстве

Для установки модели в требуемое положение ее можно вращать, панорамировать и масштабировать на экране с использованием комбинаций сочетаний клавиш:

- Вращение — нажав и удерживая среднюю клавишу мыши, перемещать мышь.
- Панорамирование — нажав и удерживая среднюю клавишу мыши, перемещать мышь с одновременным удержанием в нажатом состоянии клавиши Shift на клавиатуре.
- Масштабирование — нажав и удерживая среднюю клавишу мыши, перемещать мышь *по вертикали* с одновременным удержанием в нажатом состоянии клавиши Ctrl.
- Поворот модели по оси, перпендикулярной к экрану — нажав и удерживая среднюю клавишу мыши, перемещать мышь *по горизонтали* с одновременным удержанием в нажатом состоянии клавиши Ctrl.
- Определенную ориентацию модели можно сохранить и впоследствии использовать. Переключение между сохраненными видами

осуществляется с помощью кнопки **Именованные виды** () , расположенной в *Графической панели* (см. рис. 1.52). По умолчанию в модели сохранены следующие именованные виды: BACK, BOTTON, FRONT, LEFT, RIGHT, TOP (СЗАДИ, СНИЗУ, СПЕРЕДИ, СЛЕВА, СПРАВА, СВЕРХУ соответственно).

Дополнительные возможности для отображения модели предлагает *Режим ориентации*, который может быть включен/выключен с помощью кнопки



, расположенной в панели *Ориентация* вкладки *Вид инструментальной ленты*. Контекстное меню режима ориентации (рис. 1.59), вызываемое правой кнопкой мыши в графическом окне после включения режима ориентации<sup>3</sup>, позволяет переключиться между дополнительными режимами:

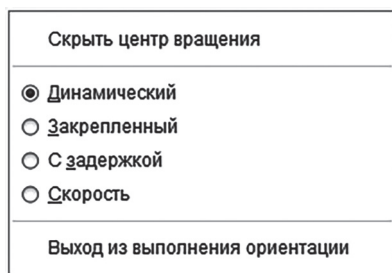


Рис. 1.58. Контекстное меню выбора режима ориентации


<sup>3</sup> Правую кнопку мыши следует держать в нажатом состоянии некоторое время.




- *Закрепленный* — позволяет вращать модель относительно произвольно выбранной точки.
- *С задержкой* — при изменении положения модели показываются только начальное и конечное положения, а промежуточные положения не прорисовываются. Тем самым экономятся ресурсы компьютера, что позволяет рекомендовать этот режим ориентации при работе с большими сборками.
- *Скорость* — в этом режиме можно изменять положение модели на экране, контролируя скорость ее вращения/панорамирования/масштабирования.

По умолчанию включен режим *Динамический*, при котором вращение производится относительно центра модели, показывая все промежуточные состояния с постоянной, регулируемой пользователем скоростью.

Для выхода из *Режима ориентации* следует выбрать в контекстном меню (см. рис. 1.58) опцию *Выход из выполнения ориентации*.

#### 1.4. Некоторые инструменты, входящие в состав Графической панели

Панель инструментов *Стиль показа* , входящая в состав *Графической панели* (см. рис. 1.60, а), позволяет переключиться между представлением модели в виде твердого тела или каркасной модели. Потребность в таком переключении возникает, когда модель становится все более сложной и начинается ощущаться нехватка аппаратных ресурсов компьютера. При представлении модели в виде твердого тела можно выбрать одно из следующих представлений: *Закраска*, *Заливка с кромками*, *Заливка с отражениями*, *Нет скрытых*, *Скрытая линия* и *Каркас*. Как будет выглядеть модель в каждом из этих представлений, становится понятным по пиктограммам, расположенным слева от названия (см. рис. 1.59, а).

Представление в виде каркасной модели имеет три варианта: «Нет скрытых» — показ без скрытых линий , когда невидимые линии не показываются; «Скрытая линия» — показ, когда скрытые линии показываются более бледным цветом ; «Каркас» — показ всех, в том числе и скрытых линий — .

Панель инструментов *Фильтры показа опорных элементов*, также входящая в состав *Графической панели* (см. рис. 1.59, б), предоставляет возможность показывать или скрывать опорные элементы Creo Parametric,

которые используются в качестве вспомогательных элементов при создании модели: опорные оси, опорные точки, опорные системы координат, опорные плоскости (если двигаться сверху вниз по панели инструментов).

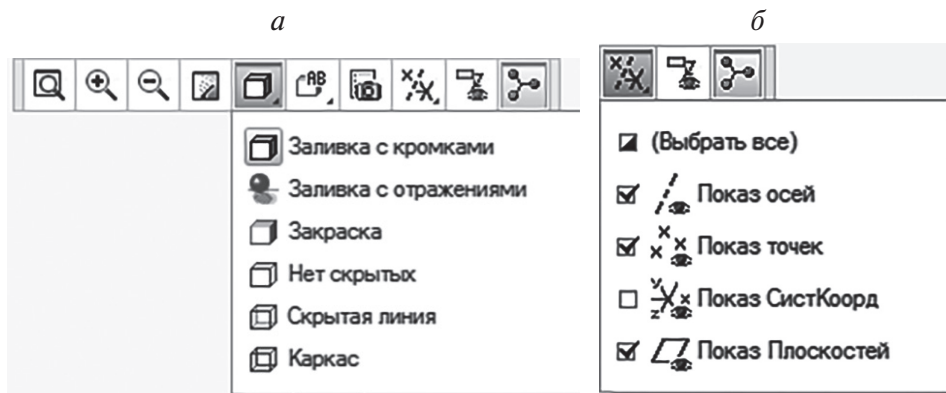


Рис. 1.59. Элементы графической панели: выпадающие меню стиля показа (а) и фильтра показа опорных элементов (б)

Первые три кнопки графической панели, расположенные в ее левой части (см. рис. 1.59, а), обеспечивают масштабирование представления объекта на экране. Кнопка **Вписать** позволяет скорректировать уровень масштабирования для полного отображения объекта на экране (аналогичный результат можно получить, используя команду меню **Вид > Вписать**); кнопка **Увеличить** позволяет увеличить масштаб целевой геометрии для более детального ее просмотра; кнопка **Уменьшить** предоставляет возможность уменьшить масштаб для получения более широкого обзора геометрического контекста.

Четвертая кнопка графической панели (см. рис. 1.59, а) — кнопка **Перерисовать** — предназначена для перерисовывания вида для удаления всех временно отображаемых данных. Перерисовка повторно выводит изображение на экран, но модель при этом не регенерируется, что существенно экономит время. Аналогичный результат можно получить, используя комбинацию клавиш **Ctrl + R**.

Седьмая кнопка графической панели (см. рис. 1.59, а) — кнопка **Диспетчер видов** — открывает одноименное диалоговое окно (аналогичный результат можно получить, используя команду меню **Вид > Управление видами > Диспетчер видов**). Диалоговое окно *Диспетчер видов* используется при создании различных видов и представлений деталей, сборок и чертежей. Подробнее об этом написано далее, в соответствующих разделах.

## 2. Работа в режиме Сечение

---

### 2.1. Режим параметрического эскиза



---

В основе создания большинства элементов трехмерных моделей лежит процедура создания эскиза. Последующие манипуляции с этим эскизом (перемещение его в пространстве, протаскивание по назначенной траектории, вращение вокруг оси и т. д.) формируют трехмерную геометрию.

Процесс создания эскиза включает в себя выбор эскизной плоскости, ориентацию, создание эскизной геометрии, затем простановку размеров и наложение на эту геометрию ограничений (constraints). Эскиз, как правило, плоский, и обычно он используется для создания других, более сложных эскизных конструктивных элементов.

В системе Creo Parametric эскизы параметрические, т. е. управляются при помощи размеров, параметров, соотношений и графиков. Инструменты, позволяющие создавать параметрические эскизы, предоставляются при входе в режим *Сечение*.

Существует два пути входа в режим *Сечение*:

- вход непосредственно в режим *Сечение* (Параметрический эскиз) при создании нового объекта . При этом открывается окно *Создать*, в котором следует выбрать тип операции (для эскиза — это *Сечение*) и ввести имя эскиза (см. рис. 2.1);
- при работе в других режимах (*Деталь*, *Сборка* и т. д.) Creo Parametric автоматически переходит в режим *Сечение* после выбора опции *Сечение* или *Эскиз* в диалоговом окне операции (или кнопка  в панели текущей операции), содержащей в своей основе параметрический эскиз (рис. 2.2).

На рис. 2.2 представлены два варианта входа в режим эскиза: *а* — задание плоскости эскиза в режиме *Деталь*, *б* — вход в режим выбора эскиза при редактировании команды **Сопряж** (выполнение плавного сопряжения двух эскизов: Сечение 1 и Сечение 2).

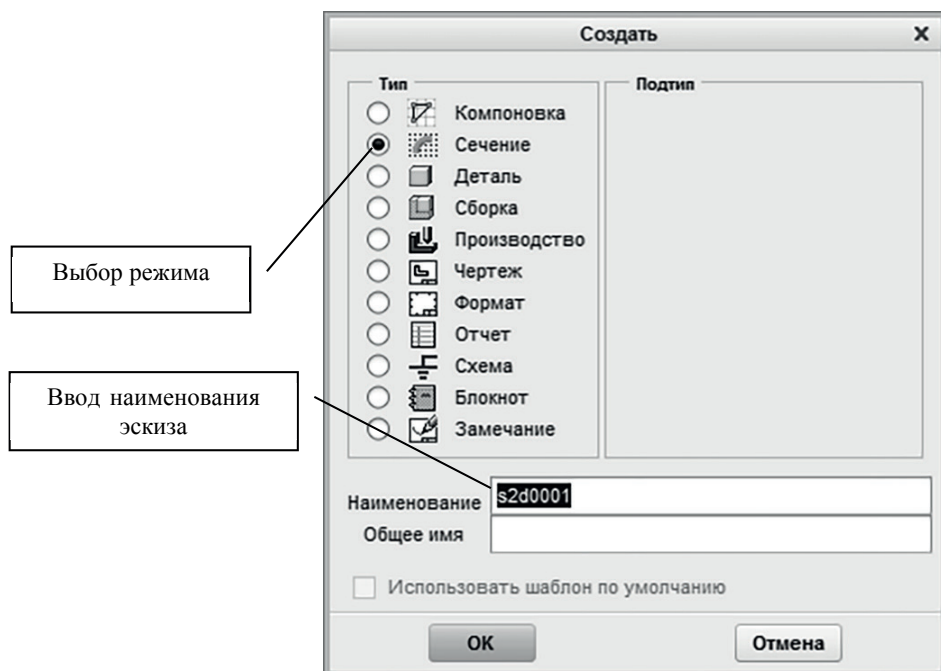


Рис. 2.1. Диалоговое окно *Создать*

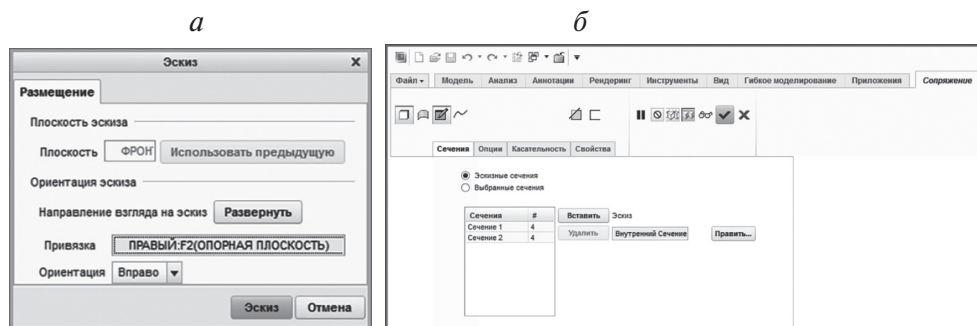


Рис. 2.2. Вход в режим *Сечение*

При переходе в режим *Сечение* градиентная заливка рабочего окна меняется на однотонную, появляется координатная сетка (в случае, если это предусмотрено в настройках режима), изменяются панели инструментов и вид ленты (см. рис. 2.3).

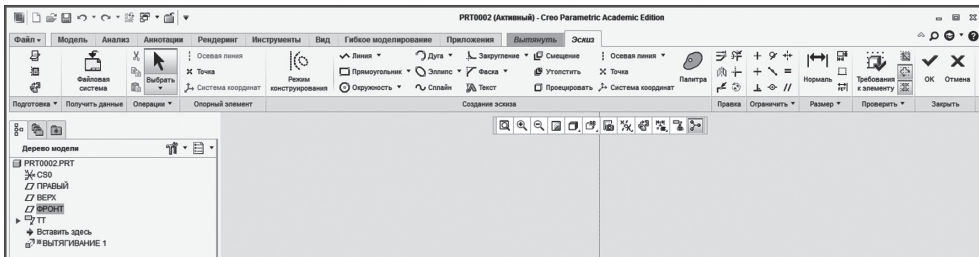





Рис. 2.3. Вид панелей инструментов в режиме Сечение

После завершения работы в режиме *Сечение* или при завершении работы с параметрическим эскизом (кнопка  \s) в других режимах (*Деталь*, *Сборка* и т. д.) создается файл с расширением *#.sec*. Этот файл (как и все предыдущие) находится только в сессии — на диске он (они) автоматически не сохраняется (ются). Все подобные файлы будут иметь имена по умолчанию *S2D###.sec*.

Для вызова ранее созданного (-ых) файла (-ов) эскиза (-ов) необходимо выбрать в панели быстрого доступа кнопку **Открыть** () или команду **Файл > Открыть...** в главном меню. Для сохранения файла на диск необходимо выбрать кнопку **Сохранить** () в панели быстрого доступа или команду **Файл > Сохранить...** в главном меню.

Находясь в режиме *Сечение*, любой эскиз (элементы эскиза) можно вставить в любой другой эскиз с помощью команды **Эскиз > Получить данные > Файловая система...**

В процессе вставки эскиза необходимо выбрать (рис. 2.4):

- элементы эскиза, которые необходимо вставить;
- подтвердить (✓) или отменить — (✗) вставку эскиза.

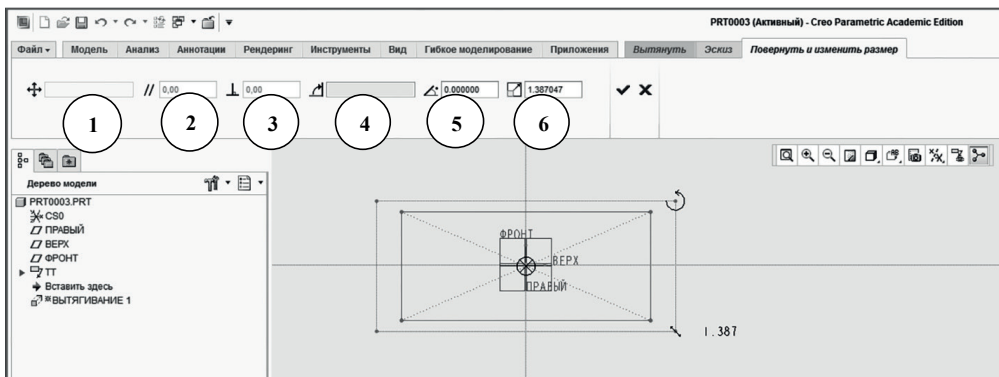


Рис. 2.4. Вставка существующего эскиза в новый эскиз



Используя специальные символы в графическом представлении эскиза-источника ( $\times$ ,  $\cup$ ,  $\otimes$ ) или дополнительно указав значения в соответствующем поле (см. рис. 2.4), можно:

- ввести привязку для перемещения объекта (поле ①);
- ввести новое значение горизонтального размера (поле ②);
- ввести новое значение вертикального размера (поле ③);
- ввести привязку, чтобы повернуть объект (поле ④);
- ввести угол вращения (значение или выражение) (поле ⑤);
- ввести коэффициент масштабирования (значение или выражение) (поле ⑥).

Аналогичным способом можно импортировать 2D-геометрию, существующую в формате IGES, или геометрию с поля чертежа, созданного в Creo Parametric.

## 2.2. Настройки интерфейса режима Сечение

При необходимости пользователь может изменять стандартные настройки режима *Сечение*.

Выбрав в главном меню **Файл > Опции > Среда эскиза**, в окне *Параметры Creo Parametric* можно изменить настройки (рис. 2.5):

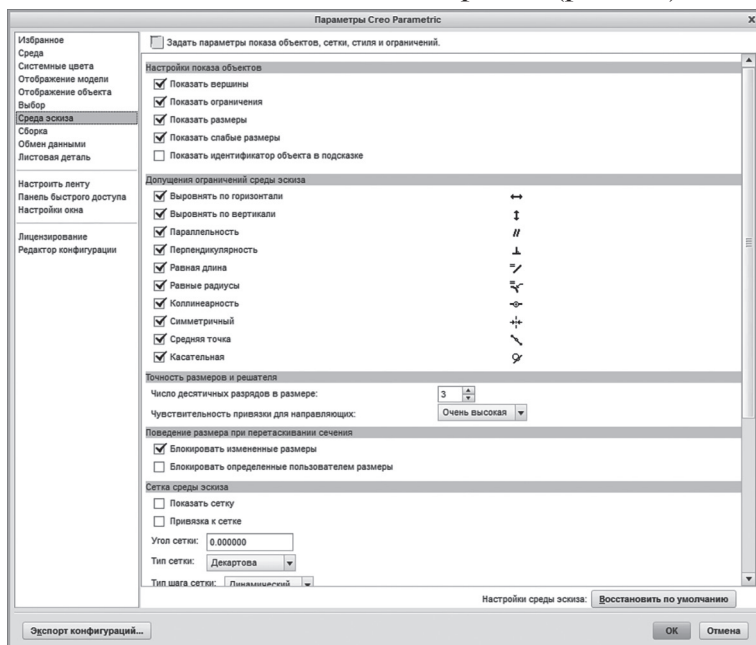


Рис. 2.5. Окно настройки среды эскиза



Наличие значка ☒ слева от опции означает, что данная опция включена. В зависимости от потребности пользователь может включать или выключать эти опции в любой момент работы над эскизом. В нижней части этого же окна (см. рис. 2.5), для перемещения в котором нужно использовать ползунок указателя прокрутки вдоль правой границы окна, можно изменить настройку сетки. Часто необходимые настройки вынесены на графическую панель (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Инструмент настройки интерфейса режима *Сечение*

### 2.3. Инструменты рисования режима Сечение

Чтобы создать любой элемент эскиза (линию, дугу, сплайн и т. д.), необходимо:

- выбрать инструмент рисования;
- совершить манипуляции на экране.

Выбор инструментов рисования может осуществляться в панели *Создание эскиза* инструментальной ленты режима *Сечение* (см. рис. 2.2, рис. 2.7).

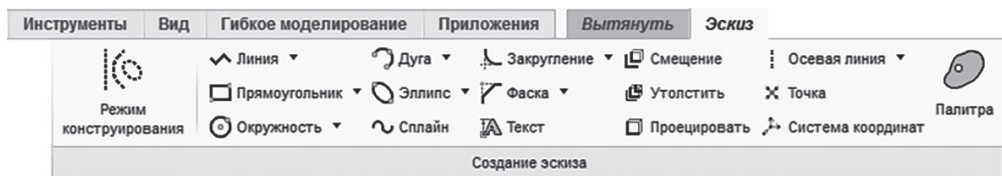


Рис. 2.7. Инструменты создания эскиза

Наличие в некоторых кнопках панели инструментов маленького треугольника черного цвета означает, что эта команда имеет несколько вариантов, которые открываются после ее выбора.


## Использование мыши и клавиатуры в среде эскиза


Для построения эскиза с помощью панели инструментов следует запустить команду, затем выполнить требуемые для этого инструмента действия на экране с помощью левой кнопки мыши. Для того чтобы прервать текущую операцию, следует нажать среднюю кнопку мыши или клавишу **ESC**. Чтобы завершить выполняемую команду, следует нажать еще раз среднюю кнопку мыши или клавишу **ESC**.

При построении эскиза Creo Parametric предлагает использовать ограничения (constraints). Щелчок правой кнопки мыши обеспечивает блокирование предлагаемого ограничения при построении. Повторный щелчок правой кнопкой мыши — отключение ограничения, а тройной щелчок правой конкой мыши — его повторное включение.

Щелчок правой кнопкой мыши<sup>4</sup> в окне эскиза — отображение контекстного меню. При выборе объекта набор команд в контекстном меню меняется.

### Режим конструирования

При создании эскиза конструктор нередко прибегает к использованию вспомогательных построений. Для создания вспомогательных объектов в панели *Создание эскиза* инструментальной ленты режима *Сечение (Эскиз)* нужно выбрать команду  **Режим конструирования** (см. рис. 2.7). При включенном режиме конструирования все объекты, создаваемые в эскизе, являются вспомогательными и отображаются пунктирными линиями.

Для выхода из режима конструирования следует повторно выбрать команду  **Режим конструирования** (см. рис. 2.7).

Преобразовать геометрические объекты во вспомогательные и обратно можно с помощью команд контекстного меню *Геометрия* и *Вспомогательный*. Пример преобразования окружности во вспомогательный объект приведен на рис. 2.8, *а*. После преобразования вспомогательная окружность изображена на рис. 2.8, *б*. На рис. 2.8, *в* показан обратный процесс преобразования вспомогательного объекта в геометрический. После преобразования окружность снова выглядит так, как показано на рис. 2.8, *а*.

Для точек, осевых линий и систем координат предусмотрены отдельные инструменты для создания опорных и вспомогательных экземпляров. Подробнее об этом изложено в гл. 3.

---

<sup>4</sup> При вызове контекстного меню следует нажимать правую кнопку мыши несколько дольше, чем это делают обычно в других программных продуктах. Это одна из незадокументированных особенностей Creo Parametric.

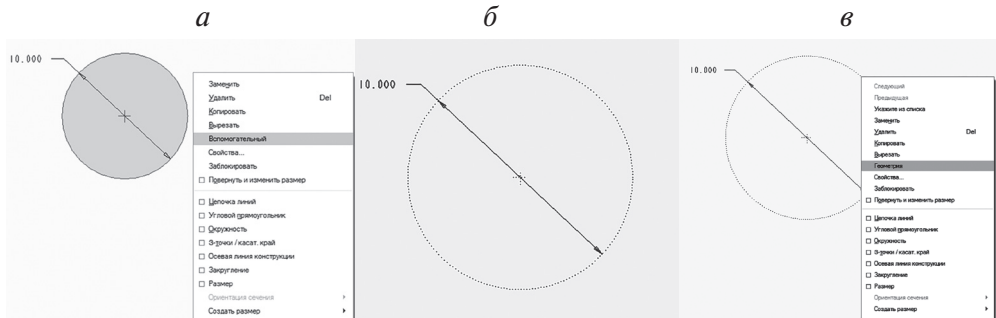


Рис. 2.8. Преобразование (а) геометрического объекта во вспомогательный (б) и обратно (в)

## Инструмент Линия

Инструмент **Линия** предоставляет возможность построить несколько вариантов линий:

- цепочка линий — совокупность отрезков, проходящих между двумя точками;
- касательная линия — прямая линия, касательная к двум криволинейным элементам (окружность и/или дуга).

Для построения отрезка между двумя точками необходимо указать две точки на экране — начальную и конечную вершины отрезка; если продолжить построение отрезков, то конечная точка первого отрезка становится начальной точкой второго отрезка цепочки линий и так далее. Для завершения построения цепочки линии следует нажать среднюю кнопку мыши, после чего можно продолжить построение новой цепочки. Повторное нажатие средней кнопки мыши завершает команду.

Для создания линии, касательной к двум элементам, необходимо указать две дуги (или окружности) на экране, касательно к которым должна быть создаваемая линия.

## Инструмент Прямоугольник

Для создания прямоугольника можно воспользоваться соответствующей кнопкой в панели *Создание эскиза* (см. рис. 2.9).

Для создания углового прямоугольника необходимо указать две точки на экране — местоположение противоположных вершин. После создания прямоугольника его четыре стороны становятся независимыми. Их можно изменять и перетаскивать по отдельности.

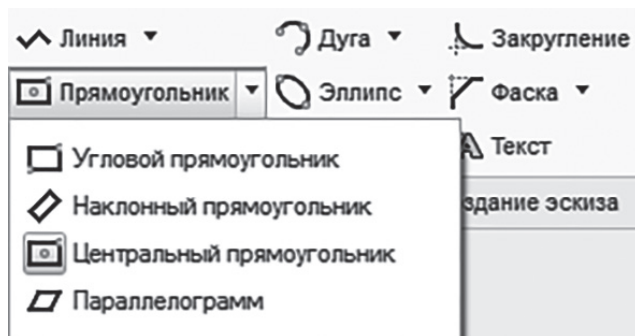


Рис. 2.9. Построение прямоугольника

Инструмент **Угловой прямоугольник** позволяет создавать прямоугольники только с горизонтальными и вертикальными сторонами. Для создания прямоугольников с другой ориентацией следует использовать инструмент **Наклонный прямоугольник**.

Для создания наклонного прямоугольника или параллелограмма необходимо указать две точки на экране, которые ограничивают одно из ребер прямоугольника, а затем, перемещая мышь, указать положение противоположной стороны. Наклонный прямоугольник, таким образом, является частным случаем параллелограмма.

### Инструмент Окружность

Инструмент **Окружность** предоставляет возможность построить окружности и эллипсы несколькими способами:

- создать окружность, указывая центр и точку на окружности;
- создать концентричную окружность;
- создать окружность, проходящую через три точки;
- создать окружность, касательную к трем объектам.

Все эти способы доступны в панели *Создание эскиза* (рис. 2.10).

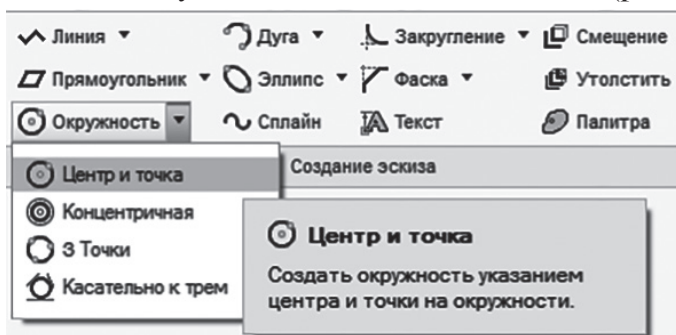


Рис. 2.10. Построение окружности

Для создания окружности указанием центра и точки на окружности необходимо указать на экране две точки — центр окружности и точку на окружности.

Для создания концентричной окружности необходимо указать окружность или дугу, к которой создаваемая окружность будет концентрична (указывать можно как точку, лежащую на дуге или окружности, так и их центры), и точку на создаваемой окружности.

Для создания окружности, проходящей через три точки, необходимо последовательно указать их на экране.

Для создания окружности, касательной к трем объектам, необходимо последовательно указать на экране три элемента, к которым окружность должна быть касательной.

## Инструмент Дуга

Инструмент **Дуга** позволяет построить дугу как часть окружности несколькими способами:

- создать дугу по трем точкам или касательно к объекту в его последней точке;
- создать дугу, указывая ее центр и две крайние точки;
- создать дугу, касательную трем объектам;
- создать концентричную дугу;
- создать эллиптическую дугу как часть эллипса<sup>5</sup>.

Все эти способы доступны из панели *Создание эскиза* (рис. 2.11).

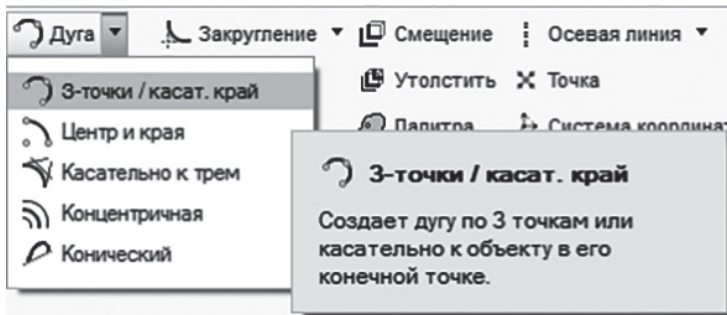


Рис. 2.11. Построение дуги

Для создания дуги по трем точкам или конической (эллиптической) дуги необходимо указать местоположение концов и промежуточной точки.

Для создания концентричной дуги необходимо указать окружность (дугу), к которой создаваемая дуга должна быть концентрична, а затем — начальную и конечную точки дуги.

<sup>5</sup> В локализованной версии Creo Parametric эллиптическая дуга названа конической.

Для создания дуги по центру и двум точкам необходимо указать местоположение центра дуги и ее концов.

Для создания касательной дуги необходимо последовательно указать на экране три элемента, к которым дуга должна быть касательной.

Когда вершина привязки выбрана, то в вершине появляется знак, крупно показанный на рис. 2.12.

Различные зоны этого знака имеют следующее назначение:

- вершина привязки;
- существующая геометрия;
- квадранты для создания дуг по трем точкам (с одним концом в вершине привязки);
- квадранты для создания касательных дуг (нужно указать вершину привязки, затем расположить курсор в квадранте 4 и затем указать конечную точку дуги).

Все точки на экране указываются курсором и выбираются нажатием левой кнопки мыши.

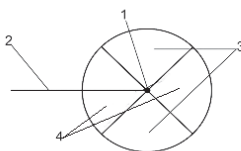


Рис. 2.12. Знак привязки к вершине

## Инструмент Эллипс

Эллипс является одним из трех типов конических сечений или коник (коническое сечение или коника есть пересечение плоскости с круговым конусом; три главных типа коник — эллипс, гипербола и парабола). Эллипс в Creo Parametric обладает следующими свойствами:

- точка центра, поведение которой аналогично центру круга. Это конструктивный объект, и для него можно наносить размеры и задавать закрепления;
- два перпендикулярных радиуса с любой ориентацией. Они, как и точка центра, являются конструктивными объектами, и для них можно наносить размеры, задавать закрепления и выполнять перетаскивание.

Инструмент **Эллипс** предоставляет возможность построить эллипсы несколькими способами:

- создать эллипс путем определения оси и конечных точек;
- создать эллипс путем определения центра и оси.

Все эти способы доступны в панели *Создание эскиза* (рис. 2.13).

Для создания эллипса, используя команду **Эллипс концов оси**, необходимо щелкнуть в выбранной точке для расположения первой точки оси. Перемещая мышью, определить нужную для нее длину и ориентацию, а затем выбрать вторую конечную точку оси. В середине отрезка определяется центр эллипса и перпендикулярно первой оси создается вторая ось. Перемещая указатель мыши, нужно определить размер второй оси. Он может быть как больше, так и меньше размера первой оси.

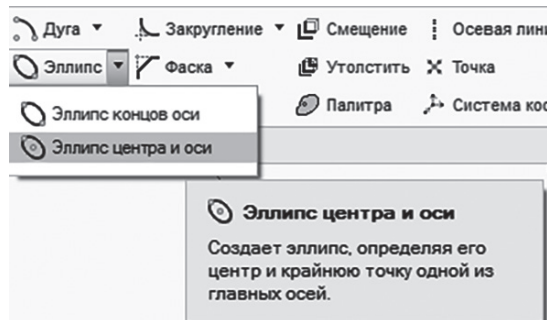


Рис. 2.13. Построение эллипса

Для создания эллипса, используя команду **Эллипс центра и оси**, необходимо щелкнуть в точке, выбранной в качестве центра эллипса. Создается первая ось. Перемещая мышью, необходимо определиться с направлением и размером первой оси и создать конечную точку первой оси щелчком мыши. В центре эллипса и перпендикулярно первой оси создается вторая ось. Перемещая указатель мыши, нужно определить размер второй оси. Как и в предыдущей команде, он может быть как больше, так и меньше размера первой оси.

Центр и оси эллипса являются конструктивными элементами и изображаются в графическом окне эскиза пунктирными линиями. Удаление эллипса приводит к удалению конструктивных элементов. Удаление любого из конструктивных элементов эллипса приводит к удалению самого эллипса.

## Инструмент Сплайн

Инструмент **Сплайн** используется для построения гладкой кривой, проходящей через заданный набор точек. Для построения сплайна необходимо выбрать инструмент **Сплайн** из панели *Создание эскиза* (см. рис. 2.14).



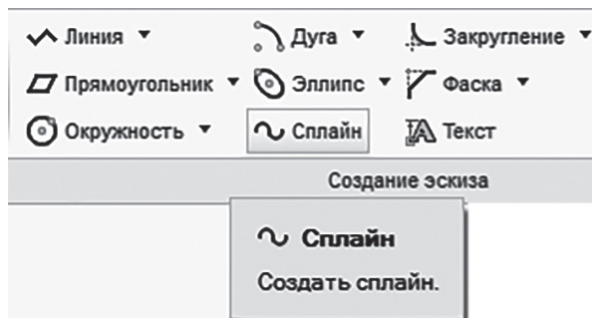


Рис. 2.14. Построение сплайна

После запуска инструмента **Сплайн** нужно щелкнуть левой кнопкой мыши в эскизном окне для указания начальной точки сплайна. Перемещая мышь, можно убедиться, что курсор мыши соединен с начальной точкой «резиновой нитью». Щелчки левой кнопкой мыши в эскизном окне добавляют последующие точки сплайна. Щелчок средней кнопкой мыши завершит создание сплайна.

### Инструмент Закругление

Инструмент **Закругление** используется для создания плавного сопряжения между двумя элементами эскиза (линий, дуг) круговой или эллиптической дугой. Для построения сопрягающей дуги необходимо выбрать этот инструмент из панели инструментов (рис. 2.15).

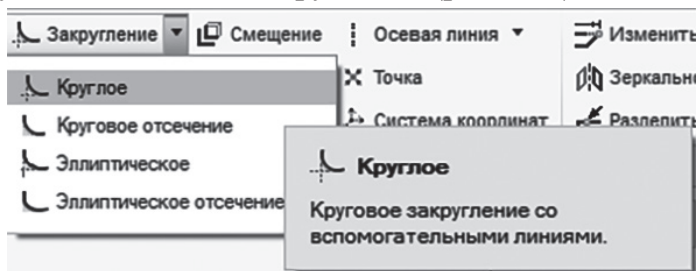


Рис. 2.15. Построение закруглений

После выбора инструмента **Закругление > Круглое** и появления на экране окна-подсказки *Выберите два объекта* необходимо указать два существующих элемента эскиза для сопряжения (радиус сопряжения затем можно изменить в режиме редактирования размеров). Между выбранными точками создается закругление, а линии отсекаются. Вспомогательные линии удлиняются до точки пересечения.

После выбора инструмента **Закругление > Круговое отсечение** и появления на экране окна-подсказки *Выберите два объекта* необходимо указать



два существующих элемента эскиза для сопряжения (радиус сопряжения затем можно изменить в режиме редактирования размеров). Между выбранными точками создается закругление, а линии отсекаются. Вспомогательные линии отсутствуют.

Аналогично работают команды **Закругление > Эллиптическое** и **Закругление > Эллиптическое отсечение**.

### Инструмент Фаска

Инструмент **Фаска** используется для соединения непараллельных линий или комбинаций линий, дуг и сплайнов. **Фаска** создается между двумя точками. Размер и расположение фаски зависят от выбора двух точек для ее размещения. Сделать эскиз фаски можно также с помощью инструментов, удлиняющих вспомогательные линии до точек пересечения. Для построения фаски необходимо выбрать этот инструмент из панели инструментов (рис. 2.16).

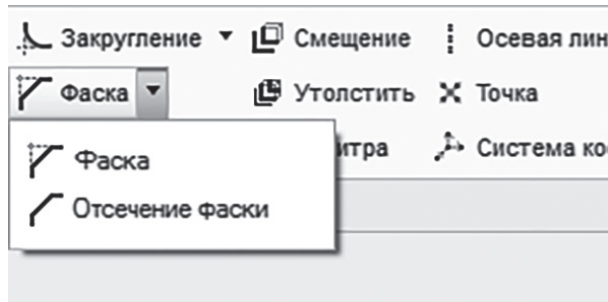


Рис. 2.16. Построение фаски

Существует два режима работы с фаской. Инструмент **Фаска > Фаска** соединяет фаской два объекта. Вспомогательные линии при использовании этого инструмента удлиняются до точки пересечения (рис. 2.17, а). При использовании инструмента **Фаска > Отсечение фаски** объекты соединяются фаской, вспомогательные линии отсекаются (рис. 2.17, б).

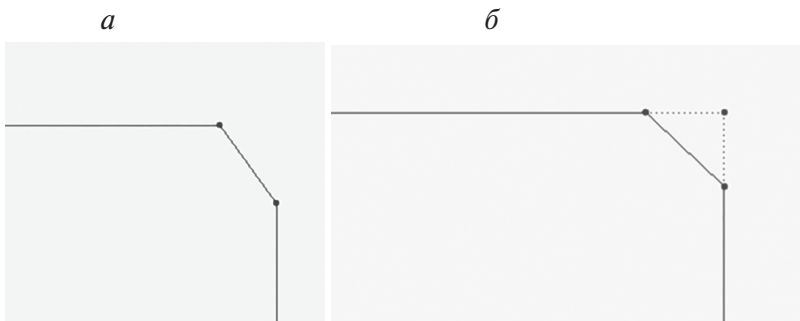


Рис. 2.17. Использование инструментов Отсечения фаски (а) и Фаски (б)

Для создания фаски после запуска необходимого инструмента (см. рис. 2.16) следует выбрать первую линию в точке, где требуется разместить фаску, а затем выбрать вторую линию в точке, где требуется разместить второй конец фаски. В последующем можно уточнить расположение фаски в режиме редактирования.

## Инструменты копирования геометрии

К инструментам копирования геометрии относятся два инструмента: **Смещение** и **Утолстить**. Они доступны в панели инструментов *Создание эскиза* вкладки *Эскиз* инструментальной ленты (рис. 2.18, *а* и *б*). Эти инструменты позволяют создать новые элементы эскиза, используя уже существующие. Можно создать новые конструктивные элементы, сдвигая кромки, представленные линиями, дугами или сплайнами. При создании новых конструктивных элементов таким способом каждая точка оригинальных линий, дуг или сплайнов проецируется на плоскость построения эскиза с заданным расстоянием (инструмент **Смещение**) или нулевым (инструмент **Утолстить**). Например, создание дуги инструментом **Смещение** приведет в результате к созданию концентрической дуги другого диаметра.



Рис. 2.18. Инструменты копирования геометрии: **Сместить** (*а*) и **Утолстить** (*б*)

Новые конструктивные элементы методом **Копирования геометрии** могут быть созданы от **одиночного** ребра (кривой), **цепочки** ребер (кривых) и **контура** (выбирается в окне **Тип** — см. рис. 2.18, *а*).

При введении величины смещения (см. рис. 2.19, *б*) следует учитывать направление стрелки на эскизе (см. рис. 2.19, *в*). Если необходимо смещение в направлении, противоположном направлению стрелки, следует ввести отрицательное значение смещения.

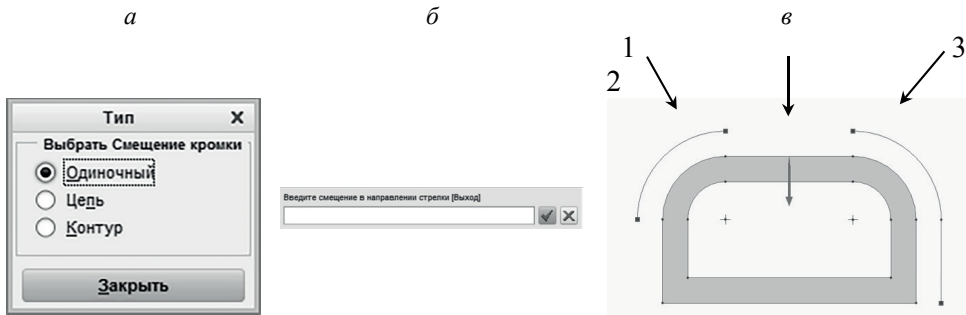


Рис. 2.19. Инструмент Смещение: выбор типа кромки (а), задание величины смещения (б) и пример применения инструмента Смещение (в) для одиночного ребра (1), цепи (2) и контура (3)

Инструмент **Утолстить** создает утолщенные объекты — объекты с двойным смещением, компоненты которого разнесены на определенное пользователем расстояние. При создании утолщенной кромки можно добавить заглушку с плоским или круглым концом, чтобы соединить между собой два смещенных объекта или оставить эти объекты разъединенными. В зависимости от введенного значения смещения и толщины возможны два варианта: утолщение проходит с двух сторон от кромки привязки или оба объекта смещения находятся с одной стороны. На рис. 20 приведены окно *Тип* при использовании инструмента **Утолстить** (см. рис. 20, а) и пример использования инструмента для цепи из двух элементов — прямой и дуги (рис. 20, б).

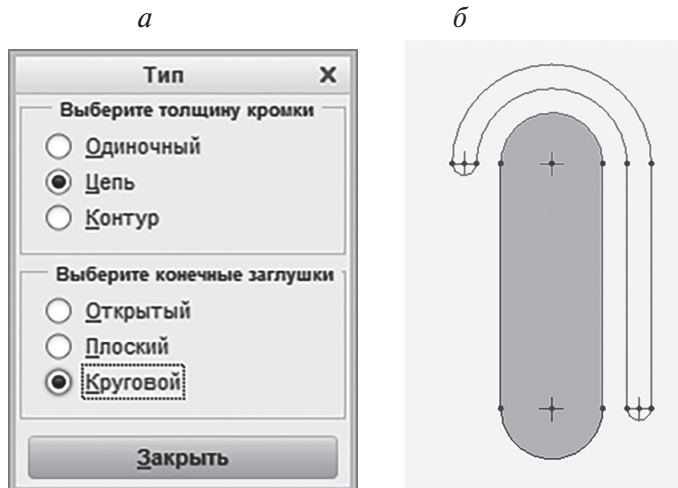


Рис. 2.20. Инструмент Утолстить: выбор типа кромки (а) и пример применения инструмента Утолстить для цепи с круговой конечной заглушкой (б)

## Палитра эскизов

При создании эскиза в панели инструментов *Создание эскиза* доступен инструмент вставки внешних данных в активный объект (**Палитра эскизов**), представленный на рис. 2.21.

Палитра эскизов позволяет вставлять параметризированные эскизы из имеющейся библиотеки. Впоследствии эту библиотеку можно дополнить своими эскизами. Для вставки выбранного эскиза нужно дважды щелкнуть левой клавишей мыши (рис. 2.21) и указать нужное место установки. После этого система предложит задать масштаб эскиза и угол его поворота.

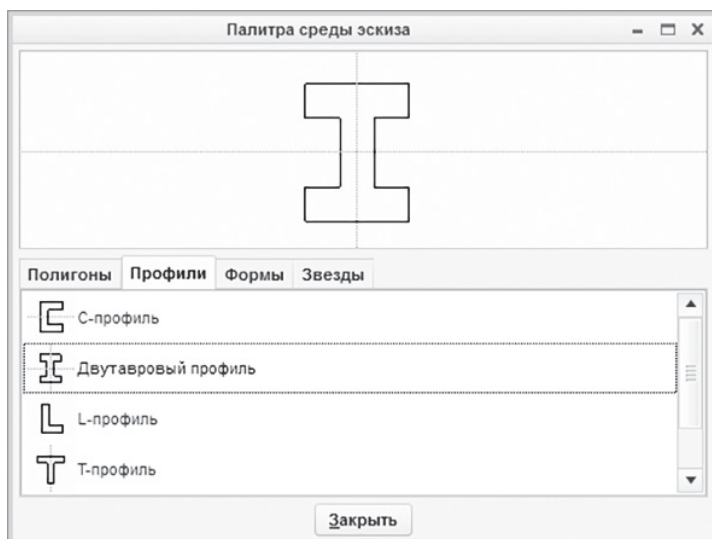


Рис. 2.21. Инструмент Палитра

По умолчанию в палитре эскизов содержатся эскизы правильных многоугольников (полигонов), различные профили, фигуры и звезды.

Библиотека эскизов в палитре может быть дополнена, изменена или заменена на собственную. Для этого необходимо создать эскизы и поместить их в папку для эскизов палитры, имя которой хранится в системной переменной `sketcher_palette_path`. При работе в среде PDM-системы (например, Windchill) в качестве пути к папке форм среды эскиза можно использовать расположение PDM-системы (для доступа к вкладкам и формам у пользователя должны быть соответствующие права доступа к расположению PDM-системы).

Все эскизы, размещенные в рабочей папке, также доступны в палитре и могут быть использованы.

## Вспомогательные элементы

Инструмент **Точка** используется для построения в эскизе точки как вспомогательного элемента. Например, точка может быть использована для создания оси, нормальной к плоскости эскиза. Построенную точку можно использовать в качестве ссылки при создании конструктивных элементов, например оси и привязки при создании размеров в эскизе и в других модулях Creo Parametric.

Для построения точки необходимо выбрать инструмент **Точка** из панели инструментов **Создание эскиза** (рис. 2.22, а). В панели инструментов наряду с точкой в этом пункте доступен инструмент создания вспомогательной системы координат (рис. 2.22, в), которая также может быть использована в качестве ссылки при создании конструктивных элементов и привязки при создании размеров как в эскизе, так и в других модулях Creo Parametric (система координат, привязанная к начальной точке сплайна, позволяет редактировать сплайн, задавая в явном виде координаты (X, Y и Z) точек сплайна).

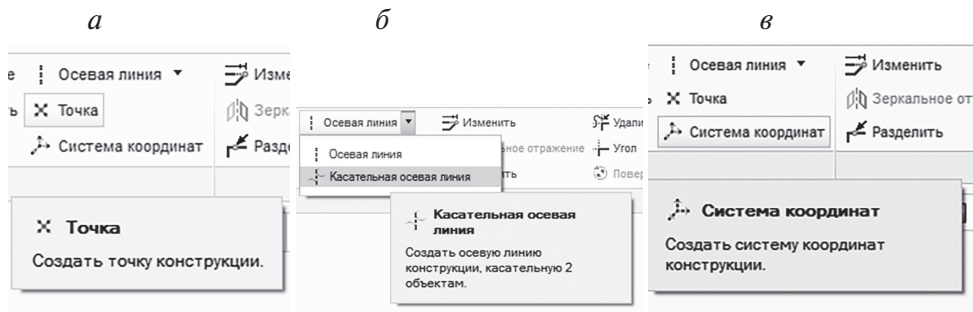


Рис. 2.22. Создание вспомогательных элементов: точки (а), осевой линии (б) и системы координат (в)

После запуска инструмента **Точка (Система координат)** нужно щелкнуть левой кнопкой мыши в эскизном окне для указания положения точки. Щелчки левой кнопкой мыши в эскизном окне добавляют последующие точки (системы координат). Щелчок средней кнопкой мыши завершит создание точек (систем координат).

Еще один вспомогательный элемент, который часто используется при построении эскиза — осевая линия (см. рис. 2.22, б). Частным случаем осевой линии является касательная осевая линия. Для создания осевой линии нужно выбрать первую точку. Будет создана осевая линия, которая эластично соединяется с указателем. Далее следует выбрать вторую точку на осевой линии. Бесконечная осевая линия, проходящая через две указанные точки, будет создана.

## Закрепления (геометрические связи)

На вкладке *Эскиз* доступна панель инструментов *Ограничения* (рис. 2.23), в которой можно выбрать необходимый тип. Перечень типов закреплений (ограничений):

Типы закреплений

Обозначение закрепления	Описание закрепления
	Вершины лежат на одной вертикальной линии, линия вертикальна
	Вершины лежат на одной горизонтальной линии, линия горизонтальна
	Элементы перпендикулярны друг другу
	Элементы касательные (тангенциальные) друг другу
	Вершина лежит на середине элемента
	Вершины/точки совпадают; вершина/точка лежит на элементе или его мнимом продолжении
	Вершины симметричны относительно осевой линии
	Длины/радиусы элементов равны
	Элементы параллельны друг другу

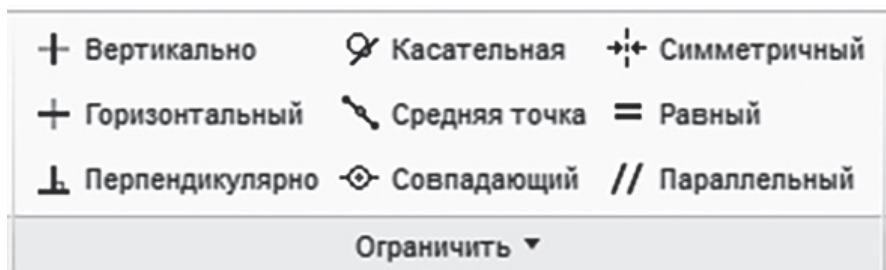


Рис. 2.23. Панель инструментов Ограничения

Во время создания любого элемента эскиза система проверяет, насколько он ей понятен. При этом система делает ряд допущений (аппрок-

симаций). Вот, например, некоторые приближения, которые может делать система. Система считает:

- приблизительно равные диаметры/радиусы равными;
- приблизительноную симметрию относительно оси точной;
- приблизительно вертикальные и горизонтальные линии таковыми;
- приблизительно перпендикулярные и параллельные линии таковыми;
- приблизительно касательные — касательными;
- дуги приблизительно в  $90$ ,  $180$  и  $270^\circ$  точно такими;
- приблизительно коллинеарные объекты коллинеарными;
- приблизительно равные отрезки равными;
- точки, приблизительно лежащие на одной горизонтали или вертикали, таковыми.

В тот момент, когда создаваемый элемент попадает в зону допущения, система высвечивает специальный знак — *Закрепление*, а элемент как бы «залипает» в том или ином положении. Если пользователь желает исключить данное приближение, то он должен вывести создаваемый элемент из зоны допущения (до исчезновения значка закрепления), т. е. сделать различие между элементами ощутимым. Бывает необходимо создать элемент приблизительно равный, но все-таки отличный от другого. Для того чтобы система не использовала свой аппарат аппроксимации, необходимо нажать правую кнопку мыши. Тогда значок закрепления будет высвеченным и заключен в круг зеленого цвета (рис. 2.24, а).

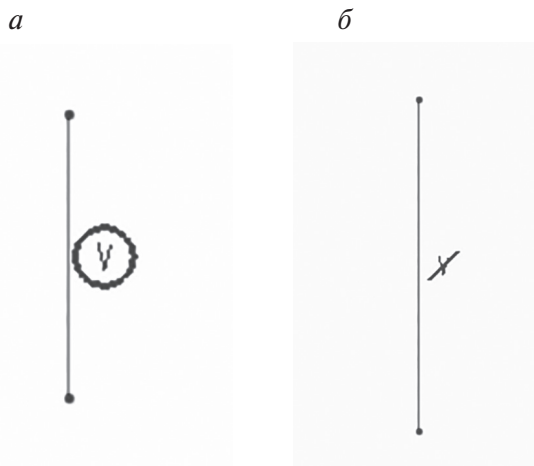


Рис. 2.24. Первое (а) и второе (б) нажатие правой клавиши мыши при создании эскиза

Повторное нажатие правой кнопки мыши перечеркивает символ ограничения (см. рис. 2.24, б). В этом случае он не будет работать и после завершения создания элемента исчезнет. Если в момент завершения создания элемента закрепление еще высвечено и элемент не будет заключен в круг красного цвета, то он будет принят системой к исполнению. Созданные закрепления можно выбрать с помощью указателя и кнопки **Удалить**.

При необходимости можно назначить нужные закрепления, выбрав соответствующую пиктограмму в панели инструментов или команду **Эскиз > Ограничить** через главное меню. Для назначения закрепления необходимо выбрать его тип в панели *Ограничить* и затем указать элементы, для которых закрепление назначается. Завершить команду можно, нажав среднюю клавишу мыши.

Пользователь может активизировать или останавливать действие закреплений через раздел **Среда эскиза** окна Параметры Creo Parametric, доступного через **Файл > Опции** (рис. 2.25).

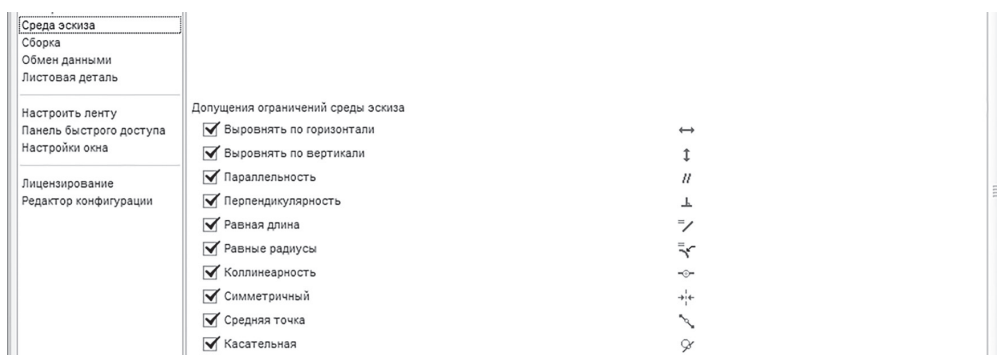
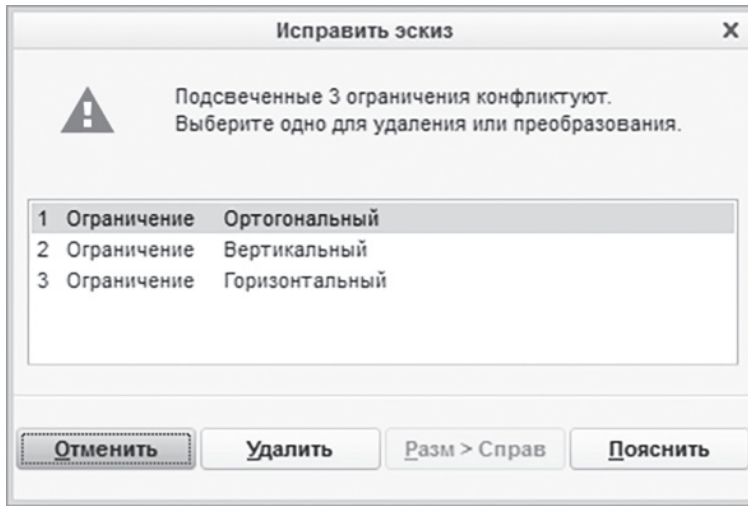


Рис. 2.25. Перечень допущений ограничений среды эскиза

После назначения закрепления оно становится управляющим, т. е. приоритетным по отношению к закреплениям управляемым (тем, которые система расставляет автоматически). При необходимости выбранное управляемое закрепление можно перевести в управляющее, используя комбинацию **Ctrl+T**.

При возникновении противоречий управляемые закрепления отменяются автоматически. При конфликте управляющих закреплений появляется окно Исправить эскиз для разрешения конфликтной ситуации (см. рис. 2.26). Можно отменить последнее назначение или удалить устаревшее, выделив его в окне и нажав кнопку **Удалить**.



Рис. 2.26. Диалоговое окно *Исправить эскиз*

Выделенное в окне закрепление выделяется рамкой на эскизе.

Каждый тип закрепления на эскизе отмечается специальным символом (рис. 2.27).

*Примечание.* При создании эскиза необходимо добиться: во-первых — соответствия конфигурации эскиза общему замыслу; во-вторых — соответствия назначенных закреплений идеологии дальнейших изменений эскиза при последующих модификациях изделия в целом.

Ограничение	Символ
Средняя точка	M
Совпадающие точки	⊖
Горизонтальные объекты	H
Вертикальные объекты	V
Точка на объекте	⊙
Касательные объекты	T
Перпендикулярные объекты	⊥
Параллельные линии	// <sub>1</sub>
Равные радиусы	R с нижним индексом (например, R <sub>1</sub> )
Сегменты линии равной длины	L с нижним индексом
Симметрия	↔
Горизонтальное или вертикальное выравнивание	--
Использование кромки	~
Смещение кромки	
Равная кривизна	C
Равные размеры	E с нижним индексом

Рис. 2.27. Обозначения ограничений в эскизе

## Инструменты редактирования эскиза

Инструменты редактирования (кнопки редактирования представлены на рис. 2.28) позволяют:

- разделять один геометрический элемент эскиза на несколько;
- подрезать выступающие концы геометрических элементов эскиза;
- динамически подрезать элементы эскиза;
- перемещать, поворачивать, масштабировать элементы эскиза;
- копировать элементы эскиза;
- создавать зеркальные копии геометрических элементов эскиза относительно осевой линии.

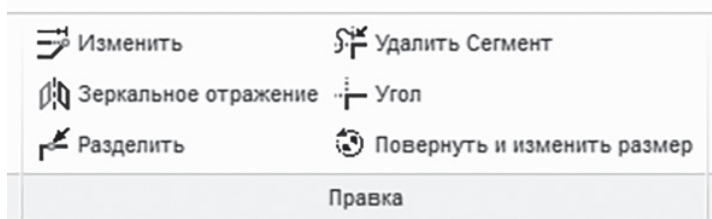


Рис. 2.28. Панель *Правка* вкладки *Эскиз*

В панели *Правка* (см. рис. 2.28) доступна команда **Изменить**, позволяющая изменить размер (размеры) элемента эскиза. После запуска команды необходимо указать левой кнопкой мыши изменяемый размер и в появившемся окне *Изменить размеры* (рис. 2.29, а) произвести необходимые изменения. Если перед запуском команды выделить несколько размеров (например, рамкой), то в окне *Изменить размеры* (см. рис. 2.29, б) можно изменить несколько размеров.

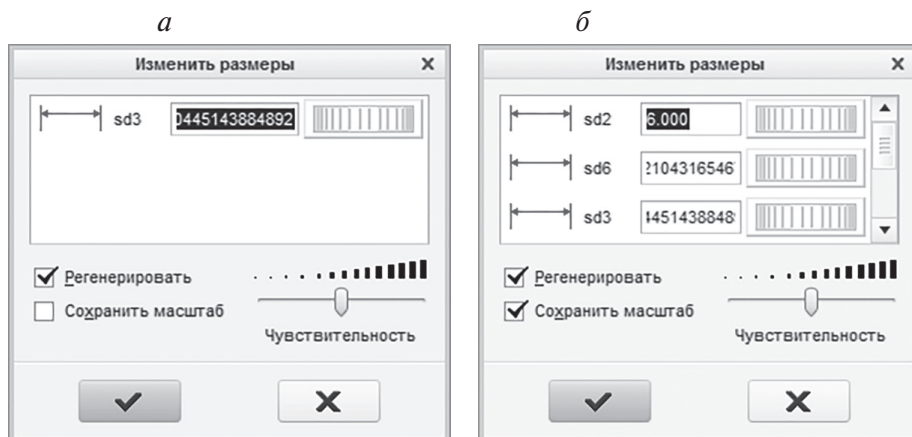



Рис. 2.29. Изменение размера (а) и группы размеров (б)

Если в окне *Изменить размеры* установить флажок ☒ в поле *Сохранить масштаб* (как показано на рис. 2.29, б), то при внесении изменений в каждый размер Creo Parametric будет изменять и смежные размеры, сохраняя масштаб всего эскиза. Завершение внесения изменений в размеры осуществляется кнопкой .

Используя команду **Зеркальное отражение** (см. рис. 2.28), можно создать копии геометрических элементов эскиза, сделав их зеркальное отражение относительно осевой линии<sup>6</sup>. После запуск команды **Зеркальное отражение** в строке состояния появляется подсказка: **Выберите осевую линию**. При выборе линии объекта зеркальная копия будет создана напротив оригинала на равном расстоянии от осевой линии.

Объект сечения можно разделить на два и более объектов. Если для объекта задан размер, удалите его перед использованием команды **Разделить** (см. рис. 2.28). Для использования команды **Разделить** нужно запустить команду, а затем щелкнуть объект в местах, где должно быть выполнено деление. Объект будет разделен в указанном месте.

Команды **Удалить сегмент** и **Угол** (см. рис. 2.28) позволяют удалять части объектов, используя точки их пересечений. Главное различие этих команд заключается в том, что команда **Удалить сегмент** удаляет отмеченные фрагменты, а команда **Угол** оставляет в эскизе отмеченные объекты.

Команда **Удалить сегмент** обладает функцией динамической подрезки. Для этого после ее запуска следует провести мышью при нажатой левой кнопке на тех фрагментах, которые следует удалить. При этом траектория движения мыши показывается красным цветом. После того, как кнопка будет отжата, фрагменты, которые пересекла траектория движения мыши, будут удалены. На рис. 2.30 показана эта процедура.

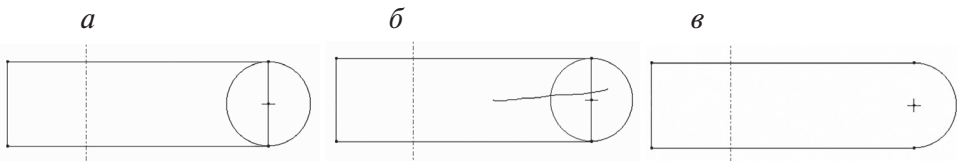


Рис. 2.30. Эскиз до (а), во время (б) и после (в) выполнения операции Удалить сегмент в режиме *Динамической подрезки*

Команда **Угол**, имеющая опцию отрезания выступающих концов геометрических элементов, выполняет также функцию удлинения геометрического элемента до выбранного конструктивного элемента, если они

<sup>6</sup> Команда **Зеркальное отражение** становится доступной после выделения какого-либо объекта в эскизе. Осевая линия должна быть построена в эскизе до запуска команды **Зеркальное отражение**.

не пересекаются. Для этого необходимо держать нажатой клавишу **Ctrl**.

Манипуляции по масштабированию, повороту геометрических элементов эскиза производятся с помощью специальных меток, показанных на рис. 2.31. Перед запуском команды **Повернуть и изменить размер** следует любым способом выделить элементы эскиза, подлежащие повороту и масштабированию. Данная команда открывает новую вкладку, на которой, помимо динамических операций с использованием специальных меток, поясненных на рисунке надписями, можно ввести:

- привязку для перемещения объекта (поле ①);
- новое значение горизонтального размера (поле ②);
- новое значение вертикального размера (поле ③);
- привязку, чтобы повернуть объект (поле ④);
- угол вращения (значение или выражение) (поле ⑤);
- коэффициент масштабирования (значение или выражение) (поле ⑥).

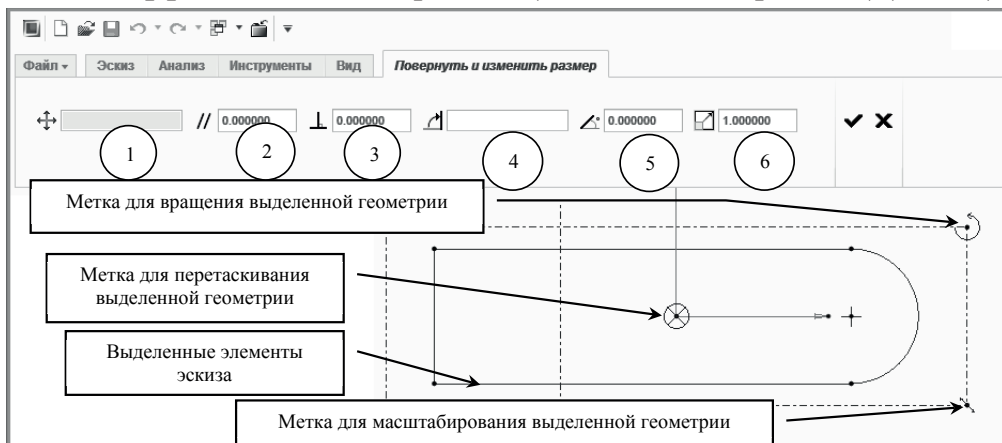



Рис. 2.31. Метки для манипуляции геометрическими элементами эскиза

Завершить манипуляции с элементами эскиза можно с помощью кнопок **Завершить/Отменить** (✓ ✕).

Инструменты **Переместить и изменить размер** и **Зеркальное отражение** становятся доступны только после выбора геометрических элементов эскиза с помощью указателя . Для создания зеркального отражения могут быть использованы только геометрические элементы. Нельзя создать зеркальные отражения для размеров, осевых линий, текстов или ссылочных элементов. Закрепления (ограничения) отражаются одновременно с геометрическими элементами. Для создания зеркального отра-

жения необходимо построение осевой линии, относительно которой оно и будет создано.

## 2.4. Простановка размеров эскиза в режиме Сечение

Во время создания эскиза размеры проставляются автоматически. Размеры проставляются, исключая размерные петли, дублирования с другими размерами и закономерностями, наложенными закреплениями. Например, если две линии имеют закрепление **перпендикулярность** ( $\perp$ ) или **параллельность** ( $\parallel$ ), то угол между ними не проставляется. Размеры по умолчанию являются управляемыми и имеют серый цвет. Управляющие размеры эскиза создаются пользователем или конвертируются из управляемых с помощью комбинации клавиш **Ctrl+T**.

### Линейные размеры

Линейные размеры показывают длину отрезка или расстояние между объектами.

На рис. 2.32 показан пример простановки линейного размера: левой кнопкой мыши выбираются вершины/точки/объекты (1, 2), средней — место расположения символа размера (3, 4, 5).

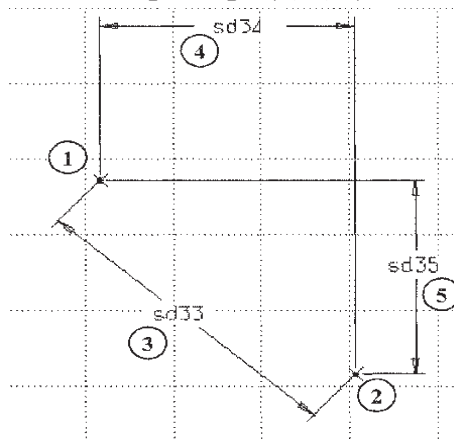


Рис. 2.32. Первый пример простановки линейных размеров

На рис. 2.33 — второй пример простановки линейного размера: левой кнопкой мыши выбирается отрезок (7), средней — место расположения символа размера (6).

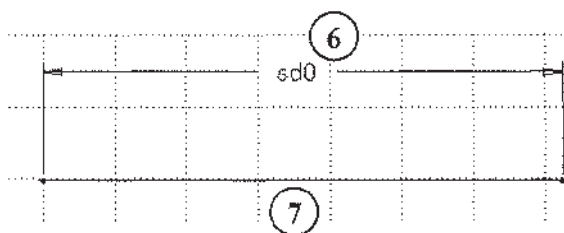


Рис. 2.33. Второй пример простановки линейных размеров

На рис. 2.34 — третий пример простановки линейного размера: левой кнопкой мыши выбираются параллельные линии (8), средней — место расположения символа размера (9).

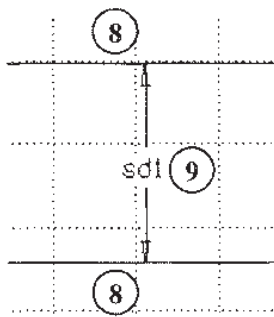


Рис. 2.34. Третий пример простановки линейных размеров

На рис. 2.35 — четвертый пример простановки линейного размера: левой кнопкой мыши выбирается отрезок (10), вершина (11), средней — место расположения символа размера (12).

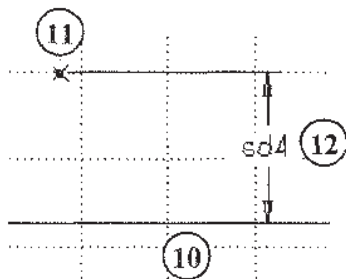


Рис. 2.35. Четвертый пример простановки линейных размеров

На рис. 2.36 — пятый пример простановки линейного размера: левой кнопкой мыши выбирается отрезок (13), дуга/окружность (12), средней — место расположения символа размера (14).

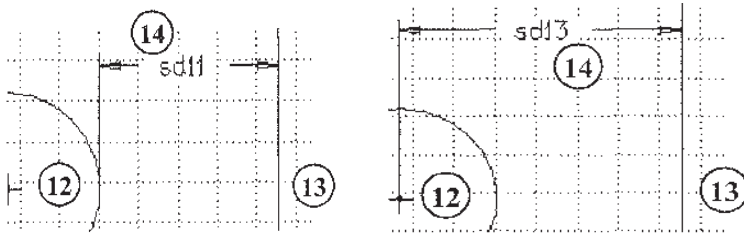


Рис. 2.36. Пятый пример простановки линейных размеров

### Диаметральные и радиальные размеры дуг и окружностей

На рис. 2.37 показан пример простановки диаметрального размера: левой кнопкой мыши дважды (двойной щелчок) выбирается дуга/окружность (1), средней — место расположения символа размера диаметра (2).

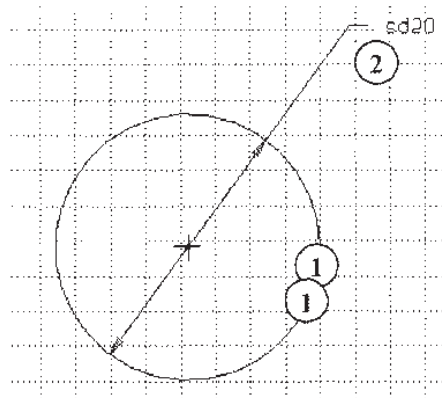


Рис. 2.37. Простановка диаметрального размера

На рис. 2.38 показан пример простановки радиального размера: левой кнопкой мыши выбирается дуга/окружность (3), средней — место расположения символа размера радиуса (4).

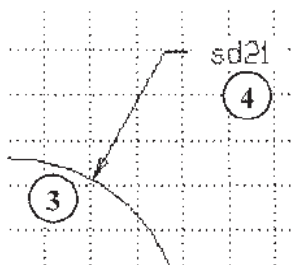


Рис. 2.38. Простановка радиального размера

## Диаметральные размеры относительно оси вращения

Для простановки диаметрального размера относительно оси вращения существует два равноценных способа, показанные на рис. 2.39: в первом варианте (а) левой кнопкой мыши выбираются объект (5), ось вращения (6), повторно тот же объект (7), средней — место расположения символа размера диаметра (8).

Во втором варианте (б) левой кнопкой мыши выбираются ось вращения (9), объект (10), повторно — ось вращения (11), средней — место расположения символа размера диаметра (12).

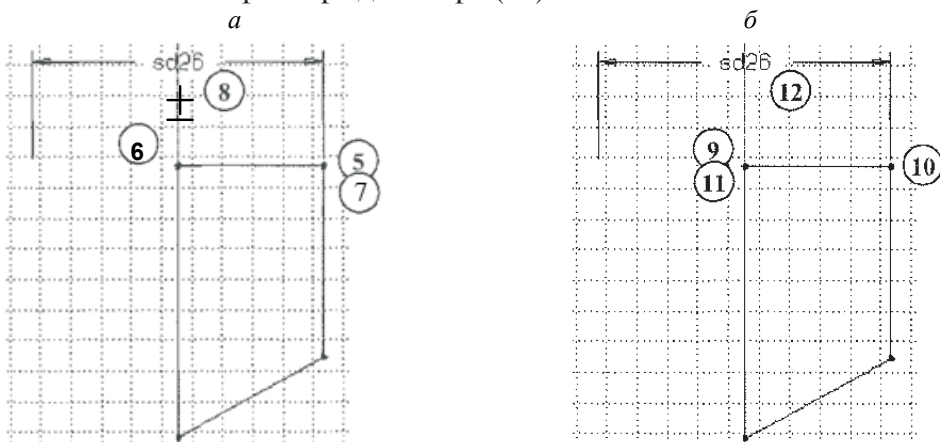


Рис. 2.39. Простановка диаметрального размера относительно оси вращения

Объектами при простановке размеров могут являться точки, вершины, отрезки, дуги и окружности.

## Угловые размеры

При простановке угловых размеров (рис. 2.40) левой кнопкой мыши выбираются линии (12, 13), средней — место расположения символа углового размера (14, 15, 16, 17).

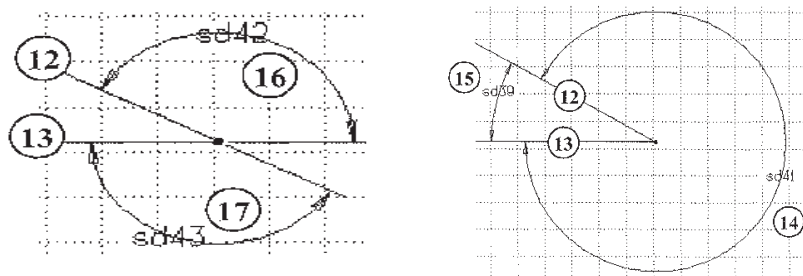


Рис. 2.40. Простановка угловых размеров



На рис. 2.41 показан еще один вариант простановки угловых размеров: левой кнопкой мыши выбираются концы дуги (1, 2), сама дуга (3) и средней — место расположения символа углового размера (4).

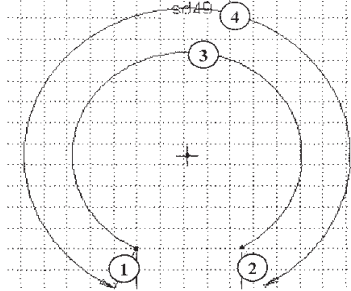


Рис. 2.41. Второй вариант простановки углового размера

### Соотношения между размерами (Уравнения)





Каждый размер имеет свое численное значение и символьное обозначение. Можно использовать символьные обозначения размеров в качестве переменных в математических выражениях, устанавливая тем самым соотношения между ними. Например:  $sd2 = (sd1 \cdot 0,25) - sd0$ ,  $sd3 = 2 \cdot sd2$  и т. д.

Назначение и удаление соотношений осуществляются через **Инструменты > Замысел модели > Уравнения...**

## 2.5. Основные правила при создании эскизов в режиме Сечение

При создании эскизов в режиме *Сечение* следует помнить несколько правил:

- делайте эскиз простым;
- создавайте эскиз поэтапно;
- рисуйте каждый объект эскиза в крупном масштабе;
- используйте открытые и закрытые сечения соответствующим образом;
- избегайте использовать без лишней необходимости:
  - рисованные фаски;
  - вписанные дуги;
  - рисованные отверстия;
  - рисованные массивы элементов;
- пытайтесь добиться принципиального соответствия эскиза замыслу, в первую очередь, назначая закрепления, а уже затем — точные размеры;

- эффективно используйте настройки среды в режиме *Сечение*;
- избегайте в эскизах соседства несопоставимых размеров (например, 3000 мм и 0,3 мм);
- рационально используйте точность представления размеров в режиме *Сечение*;
- используйте такую размерную схему эскиза, какую желаете в дальнейшем видеть в чертеже;
- используйте вспомогательные (конструктивные) элементы эскиза (осевые линии , точки , вспомогательные дуги и окружности<sup>7</sup>) для получения желаемой размерной схемы;
- используйте кнопки возврата   для редактирования эскиза;
- при необходимости сохраняйте промежуточные варианты эскиза на диск.

Далее следует выполнить пять лабораторных работ для приобретения и закрепления практических навыков работы в режиме *Эскиз*. Выполнение лабораторных работ предполагает самостоятельную работу.

### Режим эскиза: создание геометрии, работа с закреплениями (начальный уровень)

Шаг 1. Создайте новый эскиз: **Файл > Новый > Сечение** с именем **eskiz\_1**.

Шаг 2. Отключите отображение размеров .

Шаг 3. Нарисуйте эскиз в соответствии с рис. 2.42.

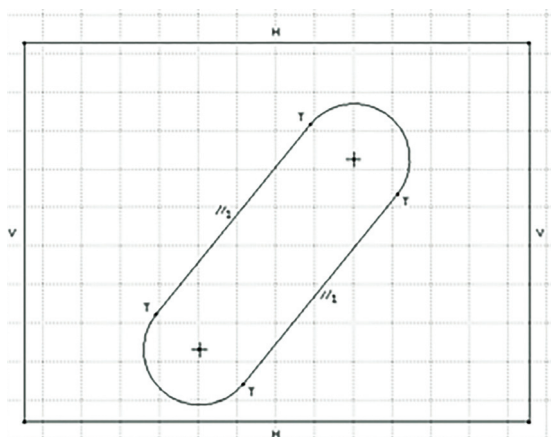


Рис. 2.42. Начальный эскиз

<sup>7</sup> Получение вспомогательных дуг и окружностей осуществляется конвертацией выделенных указателем конструктивных дуг и окружностей через **Ctrl + G**.

Шаг 4. Измените эскиз в соответствии с рис. 2.43, назначив соответствующие закрепления и перетащив элементы эскиза.

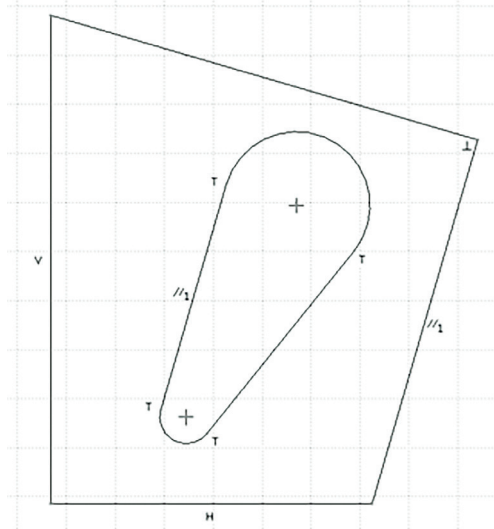


Рис. 2.43. Первое изменение эскиза

Шаг 5. Измените эскиз в соответствии с рис. 2.44. Для этого назначьте соответствующие закрепления и перетащите элементы эскиза.

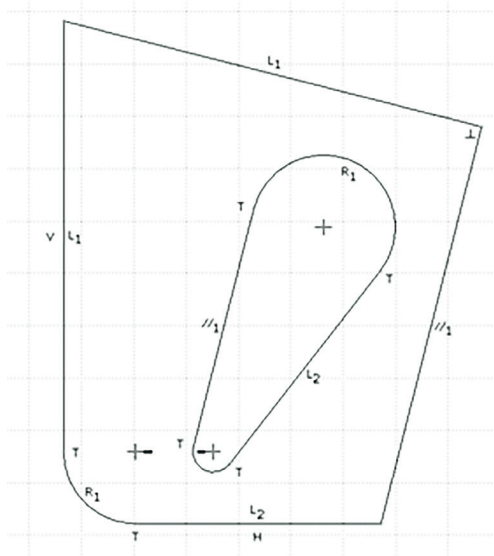


Рис. 2.44. Второе изменение эскиза

Шаг 6. Сохраните эскиз .

## Режим эскиза: создание геометрии, работа с закреплениями (средний уровень)

Шаг 1. Создайте новый эскиз: **Файл > Новый > Сечение** с именем **eskiz\_2**.

Шаг 2. Отключите отображение размеров .

Шаг 3. Нарисуйте эскиз в соответствии с рис. 2.45.

Шаг 4. Измените эскиз в соответствии с рис. 2.46. Назначьте соответствующие закрепления и перетащите элементы эскиза.

Шаг 5. Измените эскиз в соответствии с рис. 2.47. Назначьте соответствующие закрепления и перетащите элементы эскиза.

Шаг 6. Сохраните эскиз .

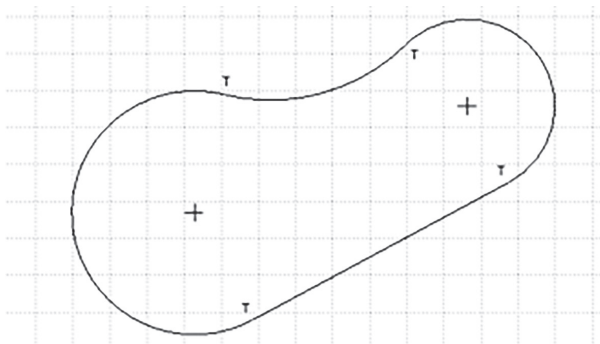


Рис. 2.45. Начальный эскиз

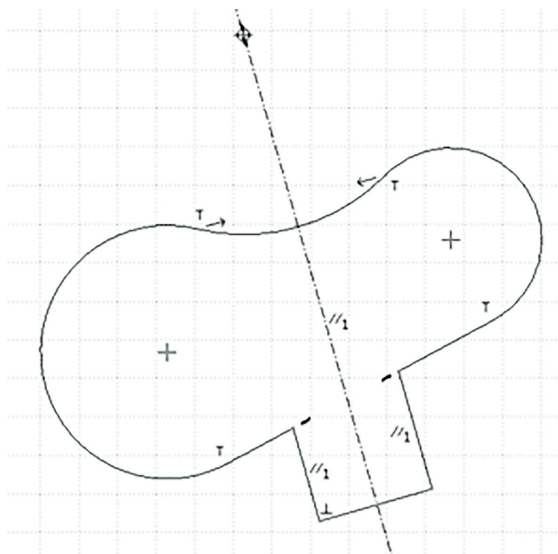


Рис. 2.46. Первое изменение эскиза

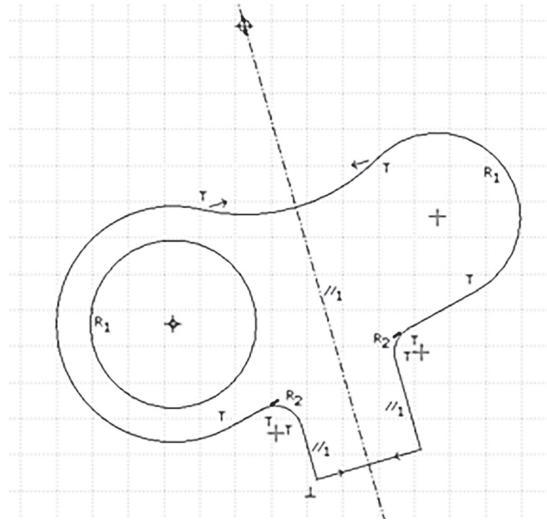


Рис. 2.47. Второе изменение эскиза

### 2.3. Создание вспомогательной геометрии, работа с размерами

Шаг 1. Создайте новый эскиз: **Файл > Новый > Сечение** с именем **eskiz\_3**.

Шаг 2. Нарисуйте эскиз и расставьте размеры в соответствии с рис. 2.48.

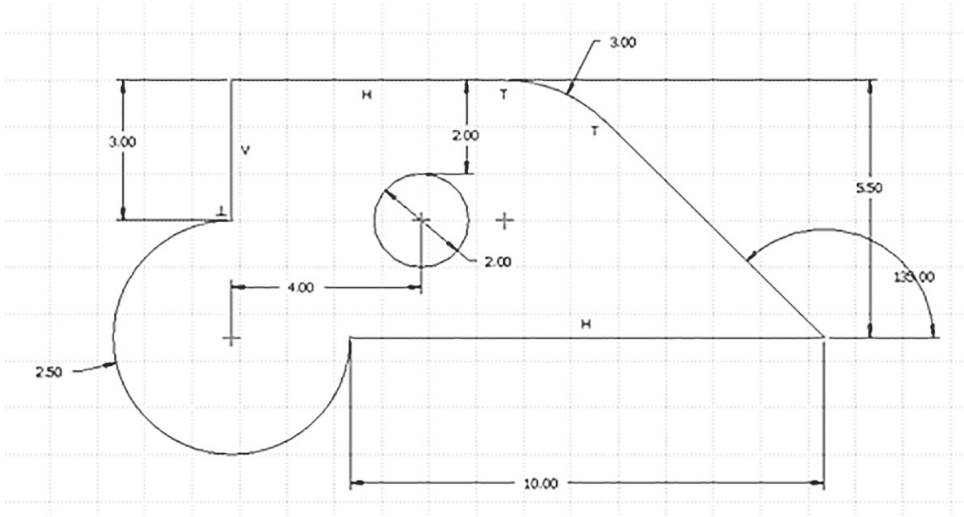


Рис. 2.48. Начальный эскиз

Шаг 3. Измените эскиз и размерную схему в соответствии с рис. 2.49. Используйте вспомогательную точку и опцию *Конструктивный*.

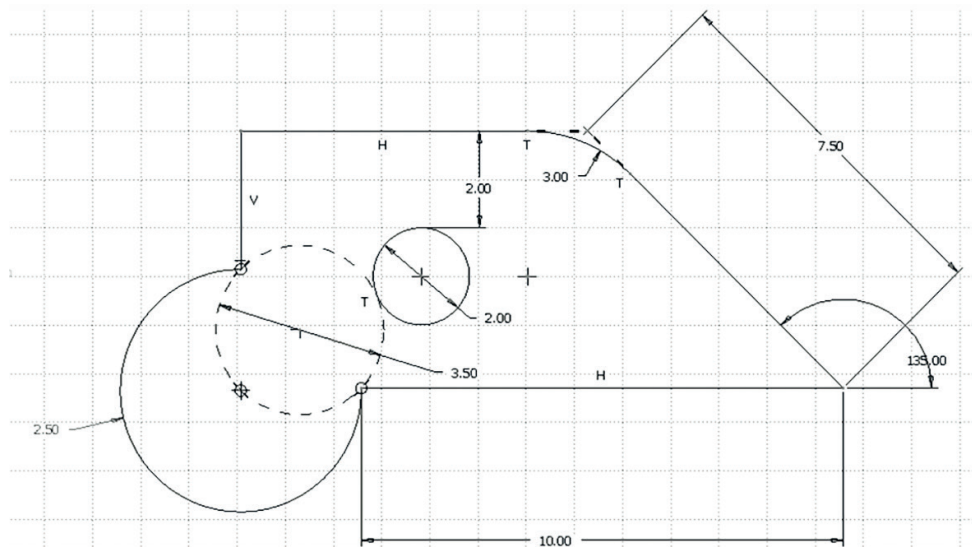



Рис. 2.49. Изменение эскиза

#### Шаг 4. Сохраните эскиз .

## 2.4. Редактирование геометрии эскиза

Шаг 1. Создайте новый эскиз: Файл > Новый > Сечение с именем **eskiz\_4**.

Шаг 2. Отключите отображение размеров  и нарисуйте эскиз в соответствии с рис. 2.50.

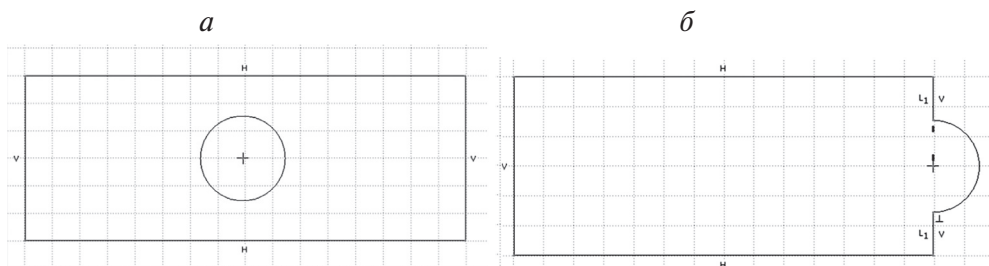






Рис. 2.50. Начальный эскиз (а) и его первое изменение (б)

Шаг 3. Измените эскиз за два действия в соответствии с рис. 2.51. Используйте закрепление **Точка в середине линии** () и механизм динамической подрезки (.

Шаг 4. Верните эскиз к исходному состоянию (см. рис. 2.50, а).

Шаг 5. Измените эскиз за два действия в соответствии с рис. 2.51. Используйте закрепление **Совмещение точек** () и механизм динамической подрезки () для создания вида а; и механизм вращения для создания вида б.

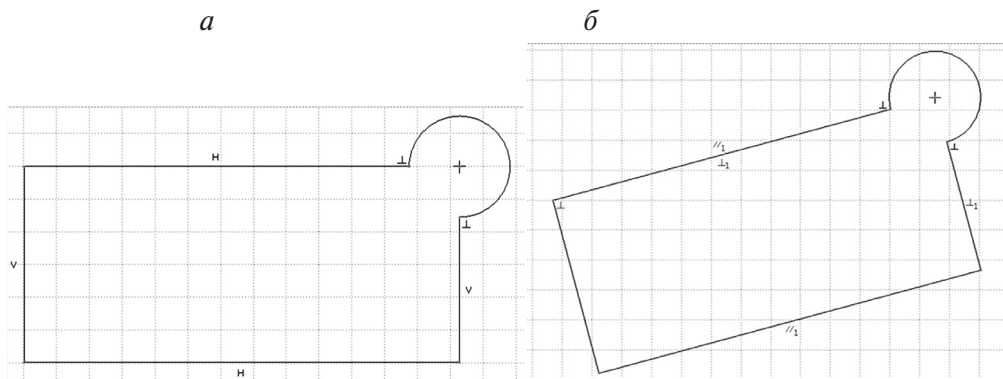


Рис. 2.51. Первый (а) и второй (б) шаги изменения эскиза

Шаг 6. Сохраните эскиз .

## 2.5. Создание эскиза с использованием координатной сетки

Шаг 1. Создайте новый эскиз: **Файл > Новый > Сечение** с именем eskiz\_5.

Шаг 2. Установите режим рисования — *Привязка к Сетке*:

**Файл > Опции > Среда эскиза — Привязка к Сетке.**

Шаг 3. Установите полярный тип координатной сетки с параметрами, приведенными на рис. 2.52 (**Эскиз > Опции > Параметры**).

Шаг 4. Отключите отображение размеров .

Шаг 5. Нарисуйте эскиз в соответствии с рис. 2.53 (привязываясь к узлам координатной сетки).

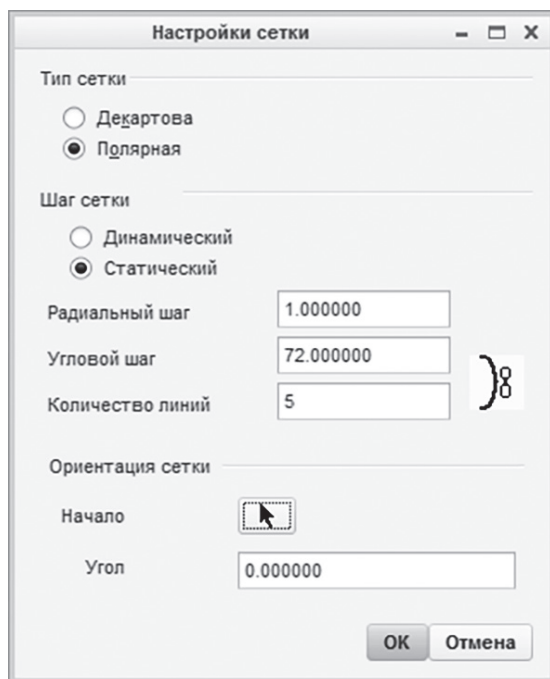


Рис. 2.52. Настройка сетки

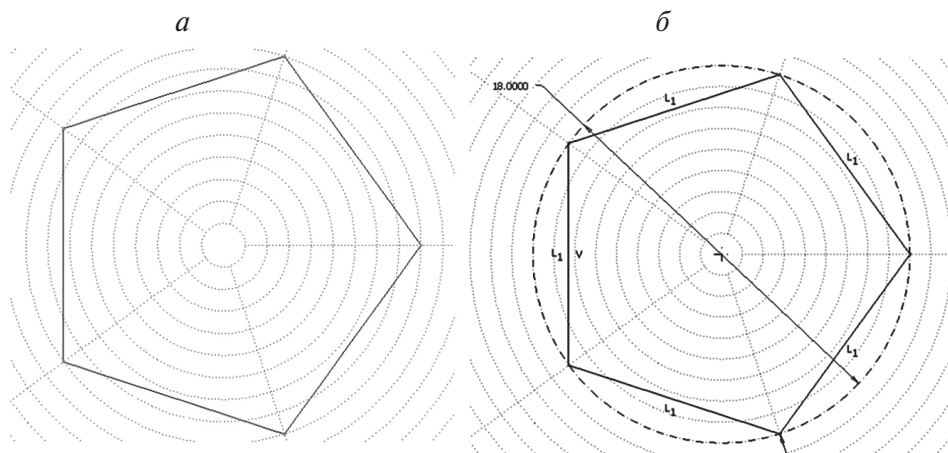


Рис. 2.53. Начальный эскиз (а) и его первое изменение (б)

Шаг 6. Измените эскиз в соответствии с рис 2.54.

Для этого создайте конструктивную окружность, а затем назначьте соответствующие закрепления.

Шаг 7. Отключите отображение сетки





Шаг 8. Измените эскиз в соответствии с рис. 2.54.

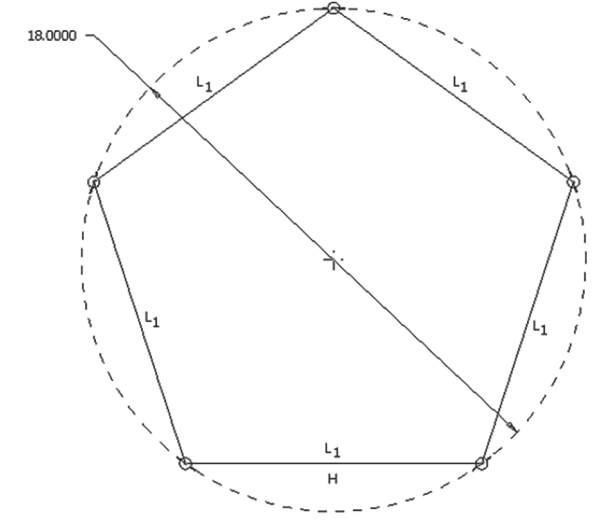


Рис. 2.54. Второе изменение эскиза

Шаг 9. Отключите режим рисования — *Привязка к сетке*: **Файл** > **Опции** > **Среда эскиза** — **Привязка к Сетке**.

Шаг 10. Сохраните эскиз .

### 3. Техника создания Опорных элементов

Опорная геометрия позволяет размещать основные объекты модели в трехмерном пространстве. Нередко перед началом создания основной геометрии новой модели необходимо создать опорные элементы, такие как Опорные плоскости, Опорные оси, Опорные точки, Опорные координатные системы и Опорные кривые, которые предоставляют дополнительные возможности для создания и размещения объектов и компонентов.

Доступ к инструментам создания опорных элементов осуществляется с помощью команд в панели *Опорный элемент* на вкладке *Модель* (рис. 3.1).

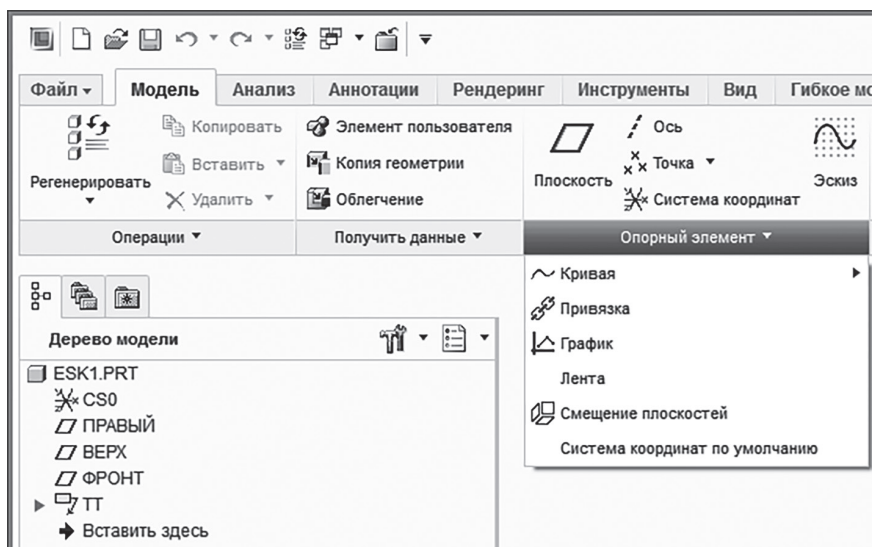


Рис. 3.1. Команды панели *Опорный элемент*

При создании новой детали с использованием шаблонов зачастую создаются опорные плоскости по умолчанию (ФРОНТ, ВЕРХ и ПРАВЫЙ) и опорная система координат. Плоскости — взаимно ортогональные, а начало координат привязано к точке пересечения этих плоскостей.

При создании новых опорных элементов используются привязки к существующим опорным элементам или геометрическим поверхностям, плоскостям, ребрам и т. д. существующих моделей.

### 3.1. Интерфейс опорных элементов

Рассмотрим интерфейс опорных элементов на примере опорной плоскости. Основным элементом интерфейса пользователя «Опорная плоскость» является диалоговое окно *Опорная плоскость* (рис. 3.2).

Диалоговое окно *Опорная плоскость* содержит следующие вкладки:

- размещение;
- изображение;
- свойства.

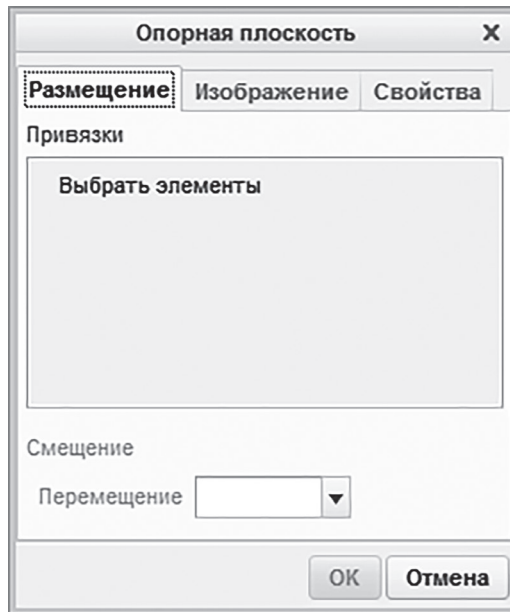


Рис. 3.2. Диалоговое окно *Опорная плоскость*

Вкладка *Размещение* содержит коллектор **Привязки** — они позволяют разместить новую опорную плоскость путем привязки к существующим плоскостям, поверхностям, кромкам, точкам, системам координат, осям, вершинам, элементам на основе эскиза, фаскам граней, фаскам кромок, фаскам вершин, кривым, рисованным опорным кривым и каналам.

Кроме того, можно задать закрепление для каждой из выбранных привязок. В меню опций типов закрепления заданы следующие типы закрепления:

- *смещение* — новая опорная плоскость смещена от выбранной привязки. Это тип закрепления по умолчанию при выборе опорной системы координат в качестве привязки размещения. В зависимости от выбранных привязок можно использовать список **Закрепление**,

чтобы ввести значение переходного или вращательного смещения для новой опорной плоскости;

- *параллельный* — помещает новый опорный элемент параллельно к выбранной привязке;
- *нормаль* — помещает новую опорную плоскость по нормали к выбранной привязке;
- *касательная* — помещает новую опорную плоскость касательно к выбранной привязке. Закрепление *касательная* добавляется к вновь созданной опорной плоскости, когда она проходит касательно к нецилиндрической поверхности и проходит сквозь опорную точку, вершину или конечную точку кромки, которая выбирается в качестве привязки.

Вкладка *Изображение* предоставляет возможность зеркально отобразить направление нормали опорной плоскости.







На вкладке *Свойства* можно просмотреть информацию о наименовании опорной плоскости в навигаторе Creo Parametric. Кроме того, можно использовать вкладку *Свойства* для переименования опорного элемента.

## 3.2. Типы опорных элементов







В табл. 3.1 представлены все опорные элементы, имеющиеся в Creo Parametric, и их описания.

Таблица 3.1


Опорные элементы

Наименование опорного элемента	Описание опорного элемента
 Плоскость...	Плоскости
 Смещение плоскостей...	Плоскости, созданные с отступом от координатной системы
 Ось...	Оси
 Точка...	Точки
 Рисованные...	Рисованные точки
 Смещение от системы координат...	Точки, заданные на отступе от выбранной координатной системы

Окончание табл. 3.1

Наименование опорного элемента	Описание опорного элемента
 Точка поля...	Плавающая точка, принадлежащая поверхности или ребру (для модуля Behavioral Modeling)
Координатные системы	
 Система координат...	Координатная система
Система координат по умолчанию	Координатная система, созданная по умолчанию
Кривые	
 Кривая...	Кривые
 Эскиз...	Рисованные кривые
Специальные	
Анализ...	Операции анализа
 Интерфейс компонента...	Интерфейс компонента
 Привязка...	Создание самостоятельных привязок
График...	Операция график измерения параметра
Лента...	Поверхность-лента

## Создание опорных плоскостей

Для того чтобы создать опорную плоскость, можно воспользоваться кнопкой **Плоскость**  в панели инструментов *Опорный элемент*.

При создании Опорной плоскости необходима, как минимум, одна ссылка. Например, при создании опорной плоскости смещением достаточно указать плоскую поверхность или другую опорную плоскость, на расстоянии от которой будет создана новая опорная плоскость. Следует помнить, что при создании опорной плоскости необходимо полностью исключить неопределенность, только после этого можно будет завершить создание плоскости. Ниже приведены пять условий размещения, с помощью которых можно зафиксировать плоскость в пространстве:

- *Через* — размещает плоскость как проходящую через выбранную привязку (кромку, вершину, ось или точку);

- *Смещение* — размещает плоскость на расстоянии от выбранной привязки (плоскости или плоской поверхности);
- *Параллельно* — размещает плоскость параллельно выбранной привязке (плоскости или плоской поверхности);
- *По нормали* — размещает плоскость перпендикулярно выбранной привязке (оси, поверхности или опорной плоскости);
- *Касательно* — размещает плоскость касательно выбранной привязке (кромке или поверхности).

Иногда бывает необходимо обеспечить привязку одновременно с соблюдением нескольких условий размещения. В этом случае выбор нескольких привязок производится при помощи левой кнопки мыши при нажатой клавише **Ctrl**.

Creo Parametric не допускает создания опорной плоскости, если указаны не все необходимые условия ее размещения, поэтому выбрать недопустимую комбинацию условий или некорректную для выбранного условия привязку невозможно. Опорная плоскость по своему определению бесконечна, однако можно установить ее визуальное отображение, подогнав его по детали, конструктивному элементу, поверхности, кромке или радиусу.


Опорные точки, оси, плоскости (включая смещенные плоскости), кривые, ленты и системы координат можно создавать в любое время. Можно создавать эти элементы даже во время создания других элементов и затем использовать их как привязки этого элемента. В любом случае при создании элемента, нанесении размеров или проведении анализа, если базовый элемент необходим, его можно создать.

### 3.1. Создание опорных плоскостей

При выполнении лабораторных работ по технике создания опорных элементов воспользуйтесь моделью детали из файла **Prt\_for\_base.prt**.

#### **Этап 1. Создание опорной плоскости со смещением от выбранной привязки**

Шаг 1. Откройте модель **Файл > Открыть > prt\_for\_base.prt**.

Шаг 2. Начните создавать опорную плоскость со смещением на 9 мм от указанной поверхности .

Шаг 3. Создайте опорную плоскость со смещением на 9 мм в соответствии с рис. 3.3.

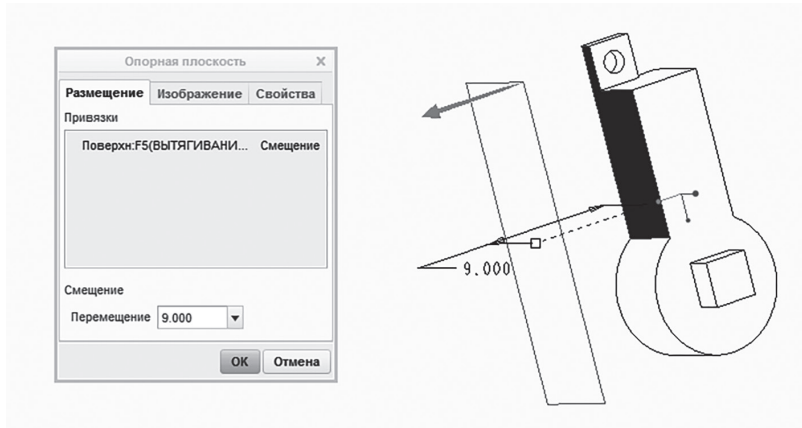


Рис. 3.3. Создание опорной плоскости со смещением

## Этап 2. Создание опорной плоскости, параллельной одной и касательной к другой выбранной привязке

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.4.



Рис. 3.4. Создание опорной плоскости, параллельной плоской грани и касательной цилиндрической грани

## Этап 3. Создание опорной плоскости, проходящей через ось параллельно выбранной привязке

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.5.

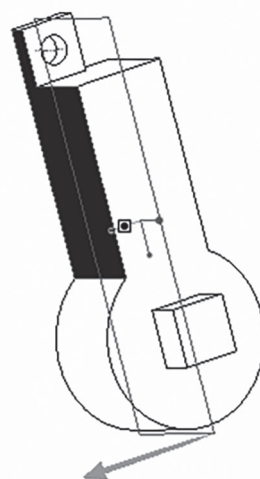
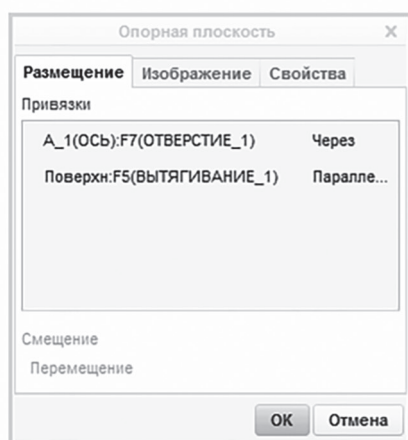


Рис. 3.5. Создание опорной плоскости, проходящей через ось параллельно выбранной привязке

#### Этап 4. Создание опорной плоскости, проходящей через ось под углом к выбранной привязке

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.6.

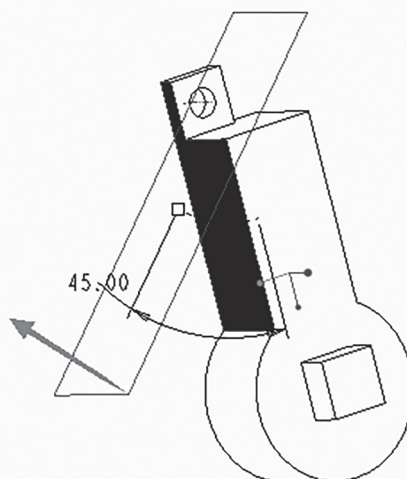
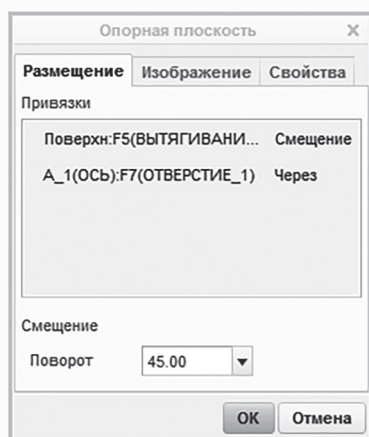



Рис. 3.6. Создание Опорной плоскости, проходящей через ось под углом к выбранной привязке



### 3.4. Создание опорных осей

Для того чтобы создать опорную ось, можно воспользоваться кнопкой **Ось** () в панели инструментов *Опорный элемент*.

Как и опорные плоскости, опорные оси могут быть использованы в качестве ссылки при создании конструктивных элементов. Опорные оси очень хорошо подходят для создания опорной плоскости, которая должна быть построена под углом к какой-либо поверхности. Также опорная ось может быть использована при создании соосного отверстия и быть элементом сопряжения в сборке.

Опорная ось создается способом, напоминающим создание отверстия. Ось можно разместить в модели со ссылкой на две плоские поверхности, от каждой из которых отложена величина смещения. Если необходимо сместить ось, достаточно просто изменить соответствующий размер.

Также опорная ось может быть построена перпендикулярно, касательно к указанным ссылкам либо проходящей через указанные ссылки.

Ниже приведены пять условий размещения, с помощью которых можно зафиксировать Опорную ось в пространстве:

- *Через* — размещает ось, проходящую через выбранную привязку;
- *По нормали* — размещает ось перпендикулярно выбранной привязке с заданием величины Смещения от других привязок;
- *Касательно* — размещает ось касательно выбранному ребру или кривой;
- *Смещение* — размещает ось на отступе от выбранной привязки, когда используется условие По нормали;
- *От точки к точке* — размещает ось, как проходящую через две точки (вершины).

Иногда бывает необходимо обеспечить привязку одновременно с соблюдением нескольких условий размещения. В этом случае выбор нескольких привязок производится при помощи левой кнопки мыши при нажатой клавише **Ctrl**.

#### Этап 1. Создание опорной оси, проходящей через ребро

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.7.

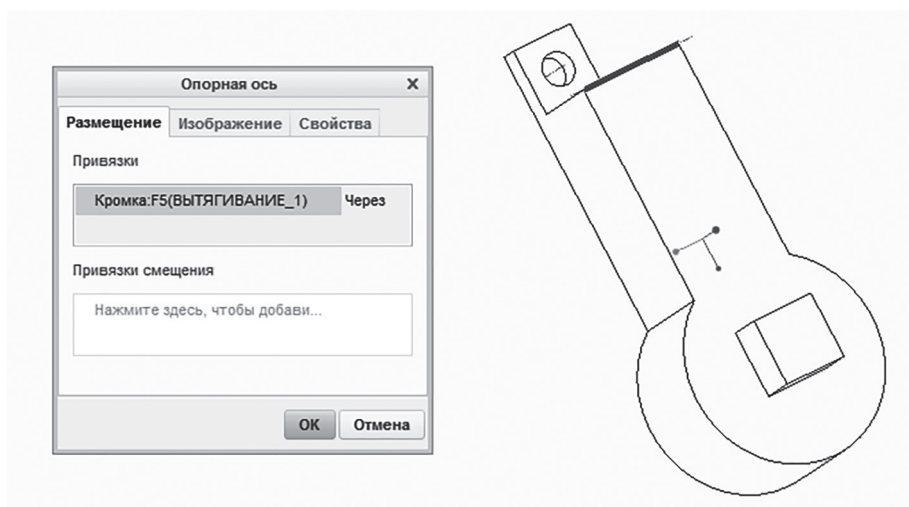


Рис. 3.7. Создание опорной оси, проходящей через ребро

## Этап 2. Создание опорной оси, перпендикулярной к плоскости, с заданием отступов от других привязок

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.8.

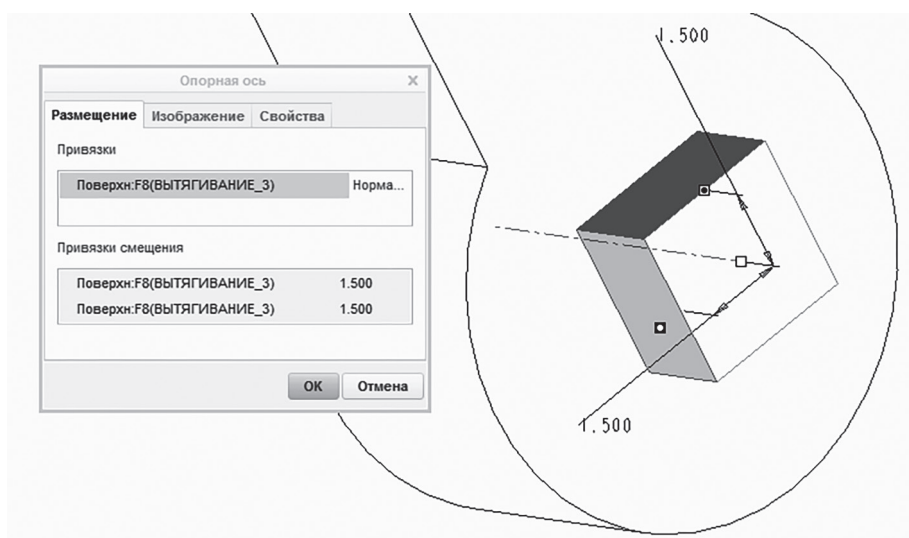


Рис. 3.8. Создание опорной оси, перпендикулярной к плоскости, с заданием отступов от верхней и боковой граней выступа

### Этап 3. Создание опорной оси, проходящей через вершину, касательной к криволинейной кромке

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.9.

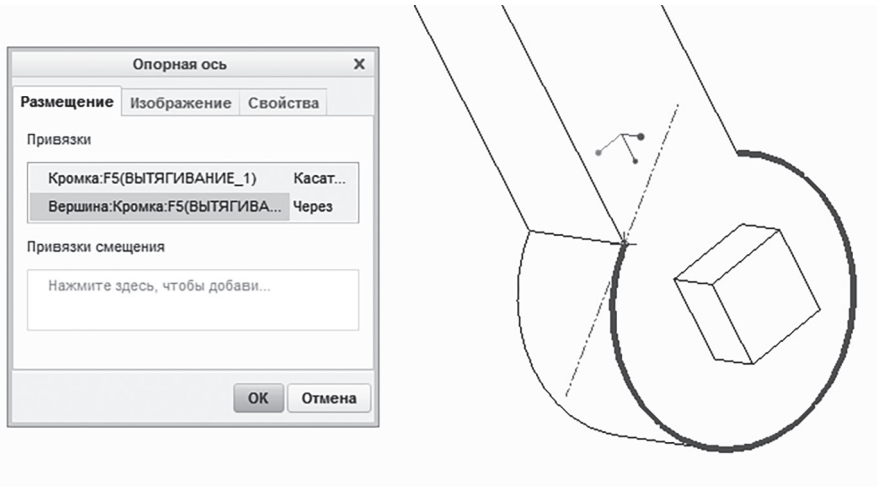


Рис. 3.9. Создание опорной оси, касательной к криволинейной кромке и проходящей через вершину

### Этап 4. Создание опорной оси, проходящей через две вершины

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.10.

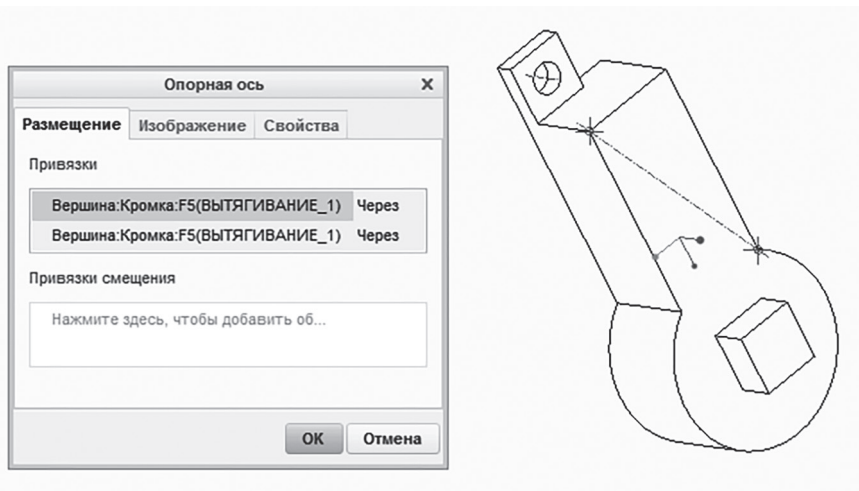


Рис. 3.10. Создание опорной оси, проходящей через две вершины

### 3.4. Создание опорных точек

Опорные точки используются для создания опорной оси, размещения отверстий, создания опорной (в том числе и трехмерной) кривой, а также при сборке компонент. Для того чтобы создать опорную точку, можно воспользоваться кнопкой **Точка** (x x) в панели инструментов **Опорный элемент**.

При размещении базовых точек могут быть использованы геометрические ограничения модели, а также расстояния от начала координатной системы. Ниже приведены основные способы задания условий размещения, с помощью которых можно зафиксировать базовую точку в пространстве:

- указав относительное смещение от начала кривой;
- указав абсолютное смещение от начала кривой;
- на расстоянии от базовой плоскости;
- на вершине;
- в центре окружности или дуги;
- на пересечении базовой плоскости и кривой;
- на расстоянии относительно начала системы координат.

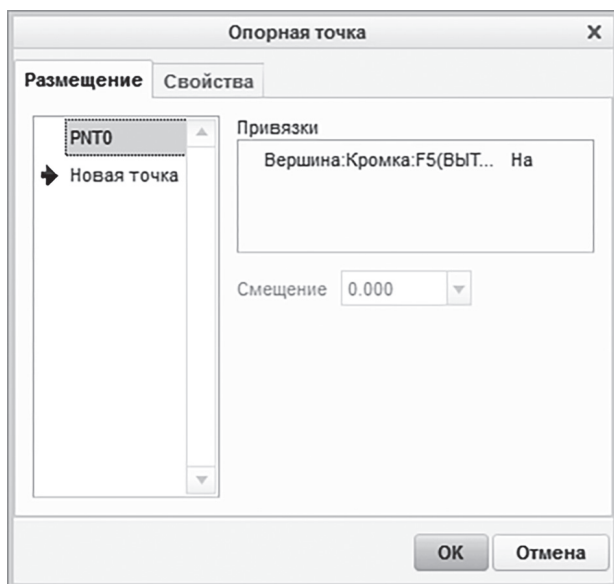


Рис. 3.11. Окно Опорная точка

Этот способ используется для создания массива точек, который может быть использован для построения 3D-кривой, которая, в свою очередь, выступает в качестве траектории для соответствующих инструментов. Задаются координаты отступа точек относительно начала указанной

координатной системы. Отступ задается в декартовых, сферических или цилиндрических координатах. Координаты также могут быть импортированы из текстового файла.

3D-кривые используются при создании конструктивного элемента инструментом **Протянуть**, а также при создании поверхностей.

При создании опорных точек открывается диалоговое окно *Опорная точка* (рис. 3.11). Один объект может содержать множество опорных точек. Для этого после определения ссылок для базовой точки нужно щелкнуть по курсору.

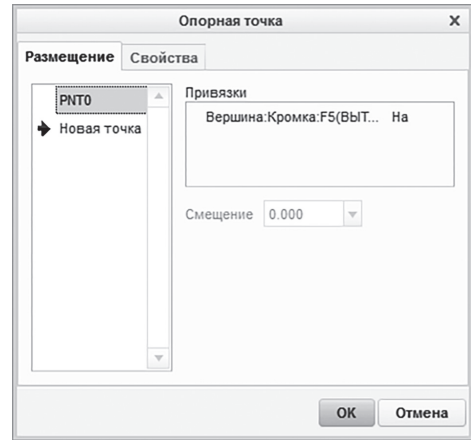


Рис. 3.11. Окно Опорная точка

### 3.5. Создание опорных точек

#### Этап 1. Создание опорной точки на кромке (ребре)

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.12 (инструмент **Точка**  .

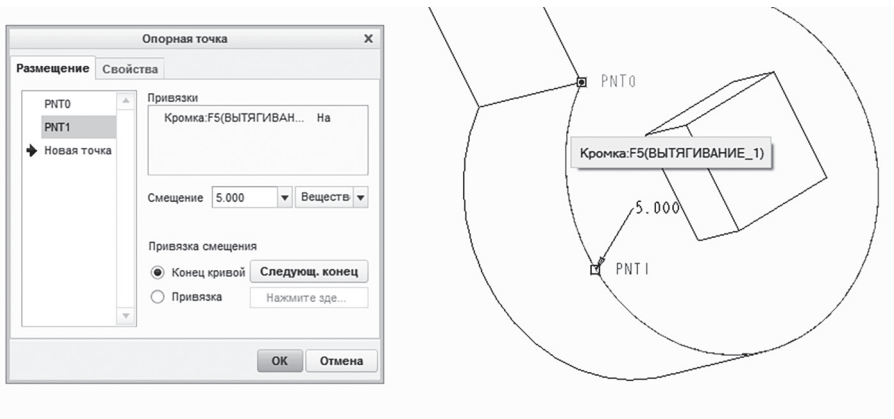


Рис. 3.12. Создание опорной точки на кромке (ребре)

#### Этап 2. Создание опорной точки в центре эллиптической кривой (окружности)

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.13. (инструмент **Точка**  .

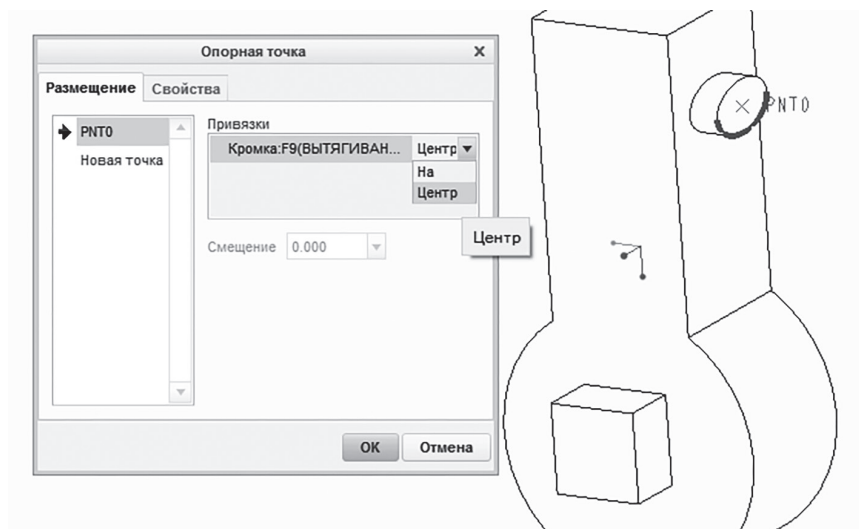


Рис. 3.13. Создание опорной точки в центре эллиптической кривой (окружности)

### Этап 3. Создание опорной точки на криволинейной поверхности

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.14.

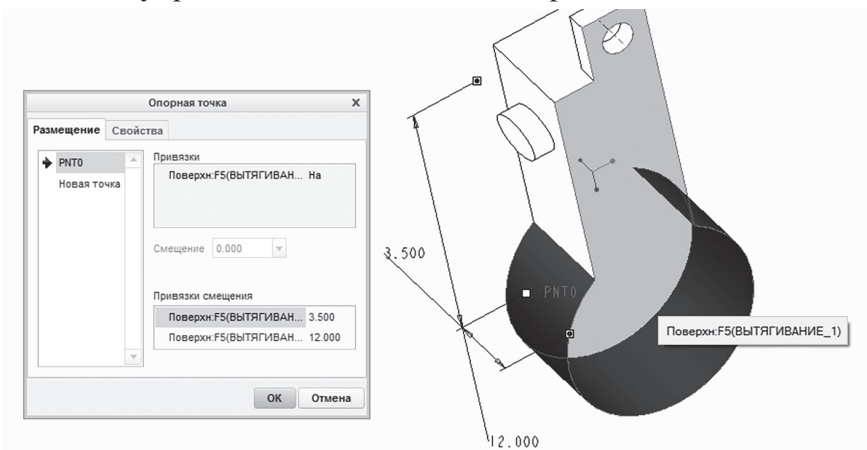


Рис. 3.14. Создание опорной точки на поверхности с отступом от боковой и верхней граней

### Этап 4. Создание опорной точки со смещением от криволинейной поверхности

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.15.

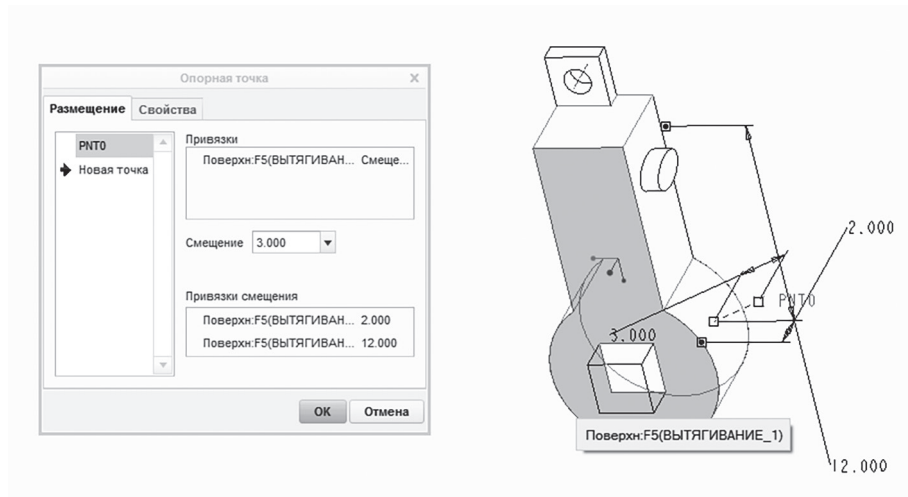


Рис. 3.15. Создание опорной точки со смещением от поверхности с отступом от боковой и верхней граней

### Этап 5. Создание опорной точки на вершине

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.16.

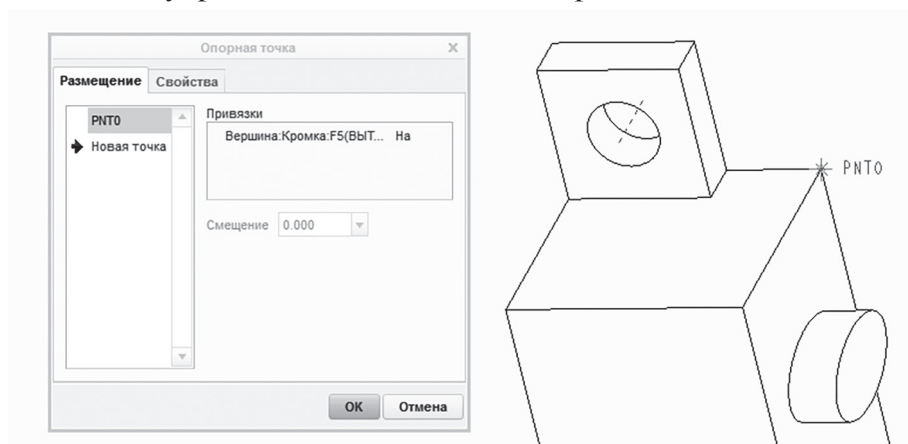


Рис. 3.16. Создание опорной точки на вершине

### Этап 6. Создание опорной точки со смещением от вершины

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.17.

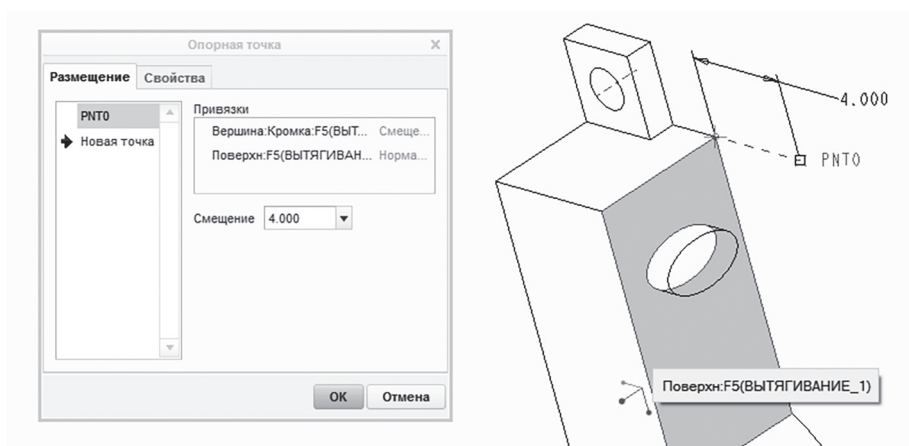


Рис. 3.17. Создание опорной точки со смещением от вершины

## Этап 7. Создание опорной точки со смещением от другой точки

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.18.

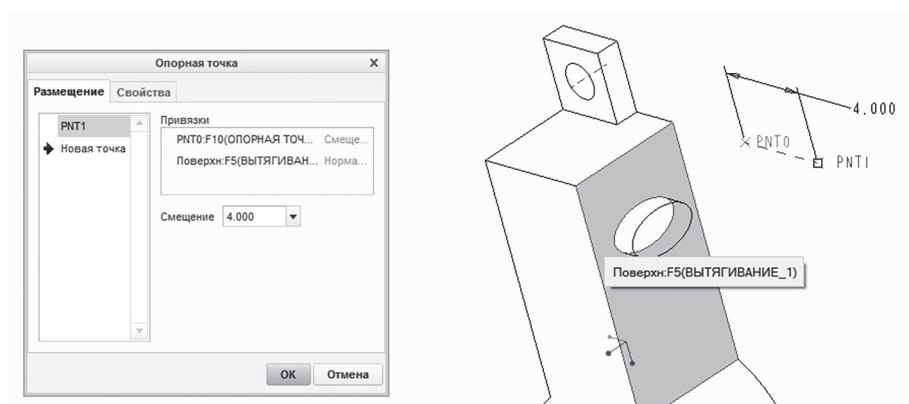


Рис. 3.18. Создание опорной точки со смещением от другой точки

## Этап 8. Создание опорной точки на пересечении трех плоскостей

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.19.



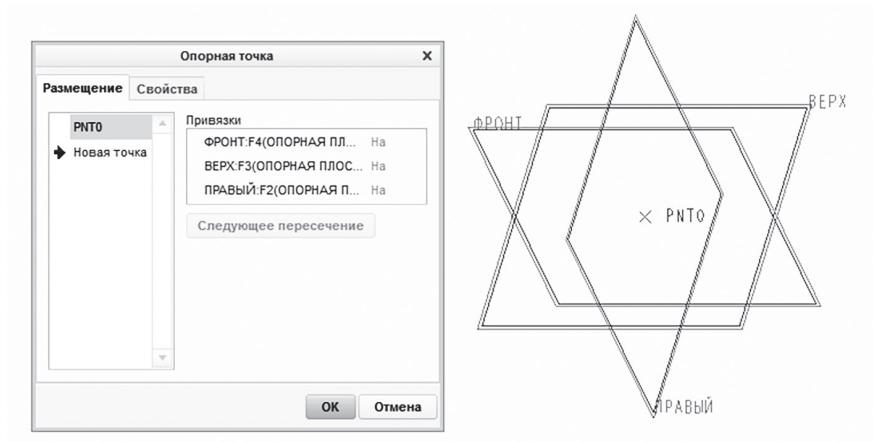


Рис. 3.19. Создание опорной точки на пересечении трех плоскостей

## Этап 9. Создание опорной точки на пересечении кривой и поверхности

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.20 (используйте файл `surf_for_base.prt`).

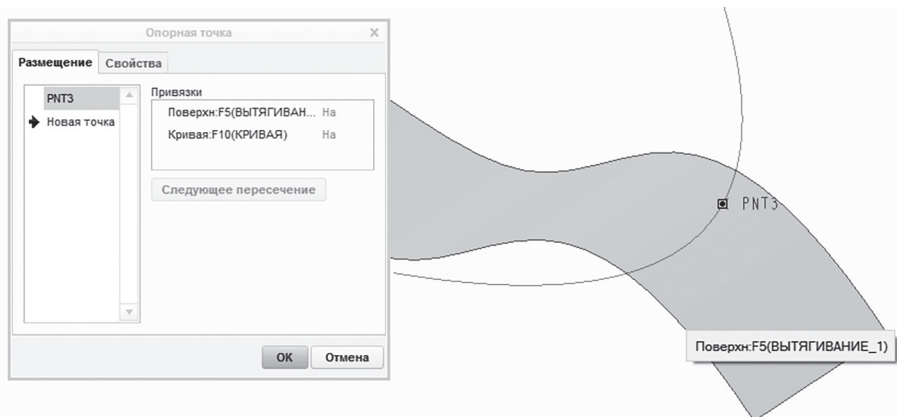


Рис. 3.20. Создание опорной точки на пересечении кривой и поверхности

## 3.6. Работа с координатными системами

Использование таких опорных элементов, как оси, точки, координатные системы, позволяет создавать объекты с минимальным количеством отношений Родитель/Потомок, которые могут помешать многократному использованию конструктивных элементов в модели.

Координатная система является вспомогательным элементом, который может быть добавлен в деталь или сборку и служит:

- для подсчета массовых характеристик;
- для сборки компонентов;
- для привязки других операций (других координатных систем, точек, плоскостей, импортированной геометрии и т. д.);
- в ряде случаев для указания направления операции при моделировании.

Для создания системы координат необходимо выбрать геометрические ссылки и ориентировать направление X, Y и Z-осей системы координат. Создаваемая система координат может располагаться на элементе модели или быть смещена относительно нее.

В качестве привязки при построении базовой системы координат могут быть использованы:

- системы координат;
- опорные плоскости;
- опорные точки;
- кромки;
- вершины.

В случае необходимости использования одновременно нескольких условий размещения выбор нескольких привязок производится при помощи левой кнопки мыши при нажатой клавише **Ctrl**.

Следующим этапом создания системы координат является определение направления осей. В качестве осей могут быть использованы кромки, ребра, линии. Creo Parametric поддерживает три типа координатных систем:

- Декартова — координаты интерпретируются как значения  $a$ ,  $b$ ,  $c$  по взаимно перпендикулярным осям координат X, Y и Z соответственно (рис. 3.21).
- Цилиндрическая — называют трехмерную систему координат, являющуюся расширением полярной системы координат путем добавления третьей координаты (обычно обозначаемой Z). Точка P задается координатами  $(\rho, \varphi, z)$  (см. рис 3.21).
- Сферическая — координаты точки P задаются посредством задания трех координат  $(r, \theta, \varphi)$ , где  $r$  (радиус) — расстояние до начала координат, угол  $\theta$  ( $\theta$ ) — зенитный угол и угол  $\varphi$  ( $\varphi$ ) — азимутальный угол соответственно (см. рис. 3.23).

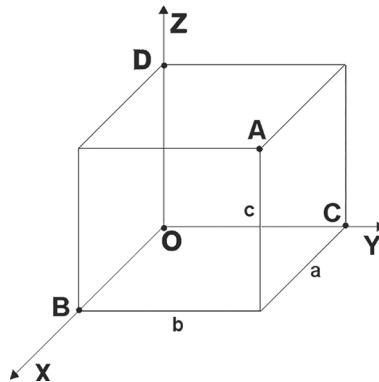


Рис. 3.21. Декартова система координат

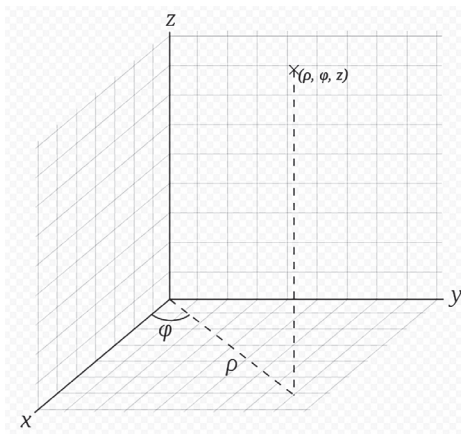


Рис. 3.22. Цилиндрическая система координат

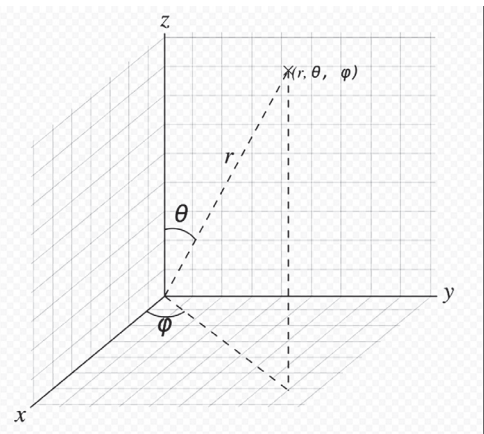



Рис. 3.23. Сферическая система координат

Для того чтобы создать базовую систему координат, можно воспользоваться кнопкой **Система координат** () в панели инструментов *Опорный элемент*.

### 3.7. Создание координатных систем

#### Этап 1. Создание координатной системы на пересечении двух ребер

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.24. Используйте Инструмент *Система координат* ()

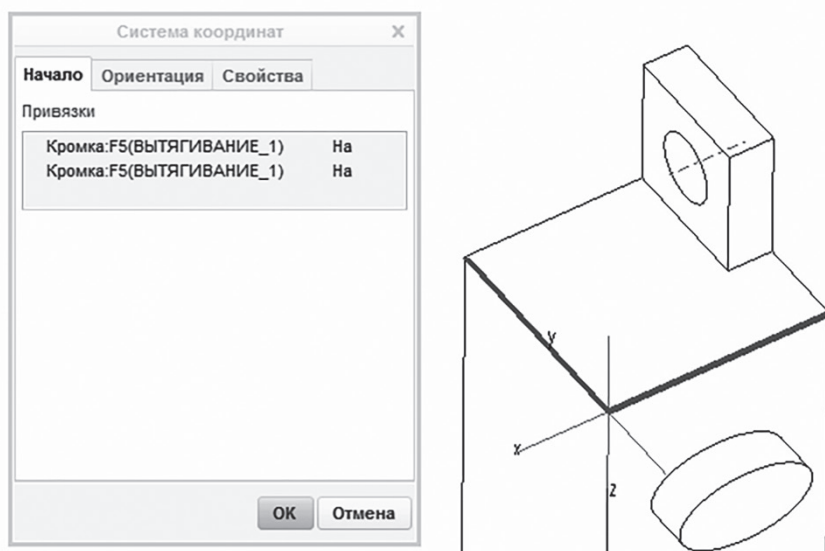


Рис. 3.24. Создание системы координат

Примечание. Ребро, выбранное первым, определяет направление оси X, вторым — Y. Направление осей можно изменить в закладке *Ориентация* или в режиме редактирования.

## Этап 2. Создание координатной системы на отступе от выбранной координатной системы

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.25.

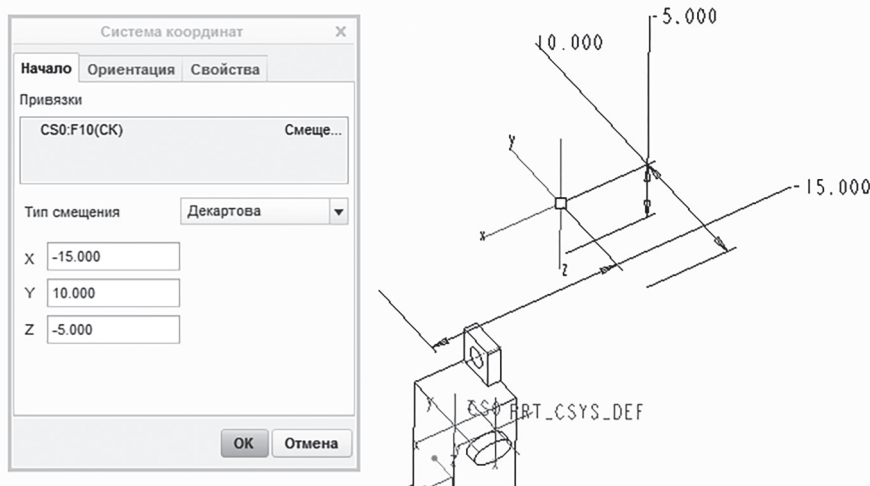


Рис. 3.25. Создание системы координат на отступе от выбранной

### Этап 3. Создание координатной системы в вершине и настройка ориентации осей

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.26. и 3.27.

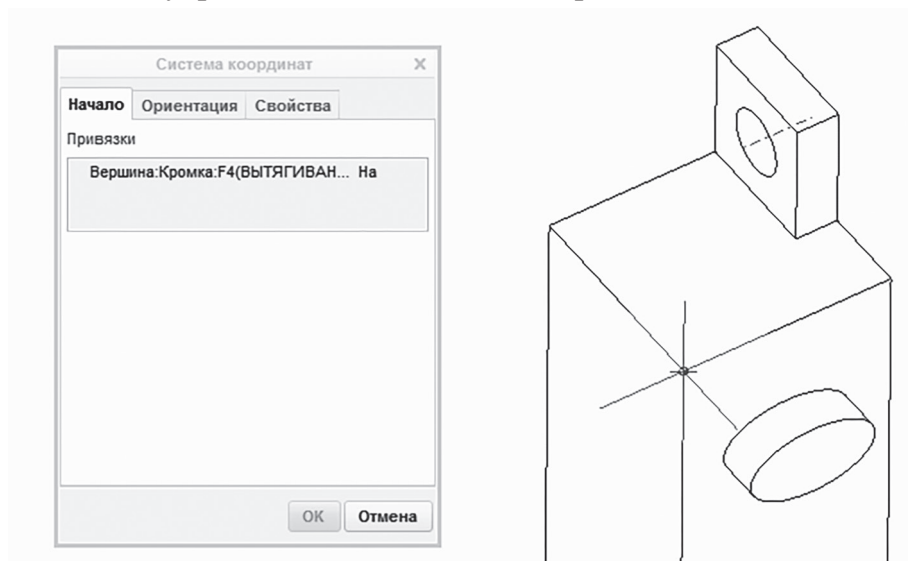


Рис. 3.26. Создание системы координат в вершине

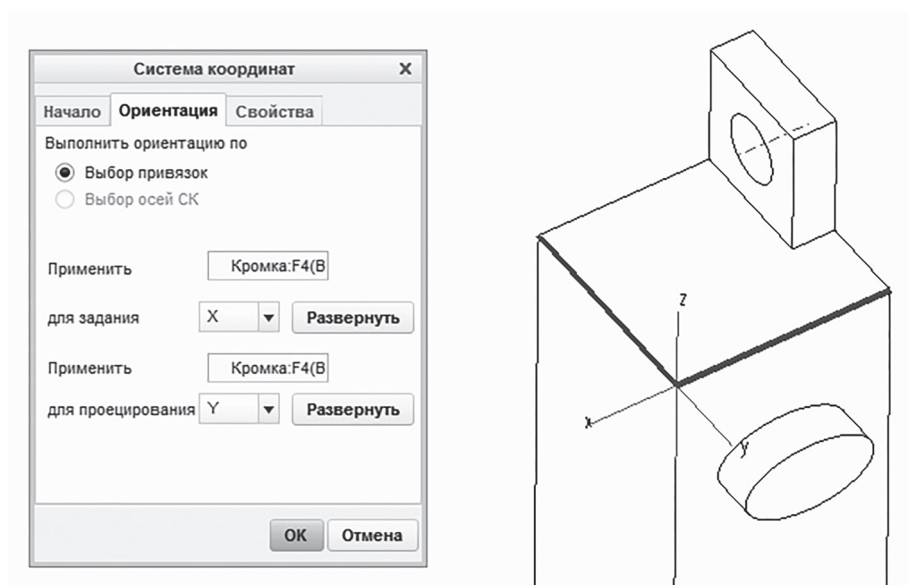


Рис. 3.27. Настройка ориентации осей

## Этап 4. Создание точек на отступе от выбранной координатной системы

Выполните упражнение в соответствии с рис. 3.28, используя инструмент **Смещение** от системы координат (рис. 3.28, б).

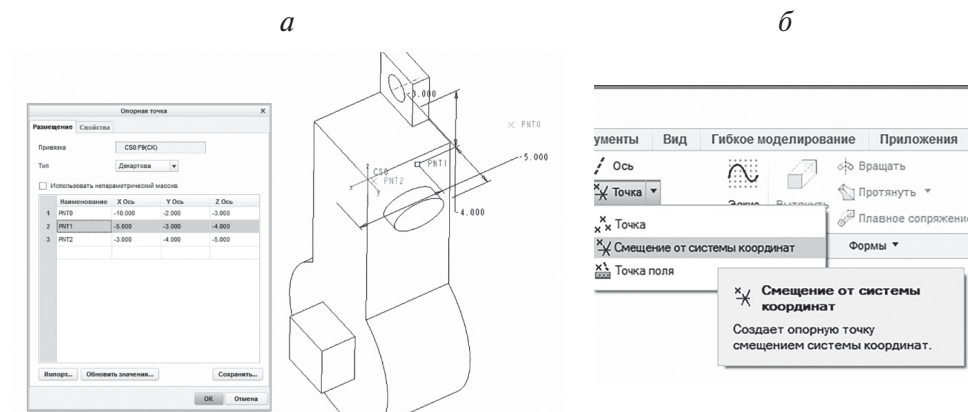


Рис. 3.28. Создание точек на отступе от системы координат (а), используя Смещение от системы координат (б)

Системы координат могут быть добавлены к деталям и сборкам для подсчета массовых свойств, сборки компонентов, размещения закреплений для конечно-элементного анализа и т. д.

## 4. Работа в режиме Деталь

### 4.1. Режим трехмерного моделирования

В основе Creo Parametric лежит работа с трехмерными твердотельными моделями, вокруг которых выстраиваются все основные функциональные возможности системы. Полученные трехмерные модели деталей впоследствии можно объединять в сборки. Трехмерная геометрия деталей и сборок может проецироваться на поле чертежа для формирования чертежных видов.

Твердотельные модели деталей — геометрические модели, которые обладают массовыми характеристиками, такими как объем, площадь поверхности и моменты инерции.

Основной путь входа в режим *Деталь* — это вход непосредственно в режим *Деталь* при создании нового объекта (рис. 4.1) по команде **Создать**.

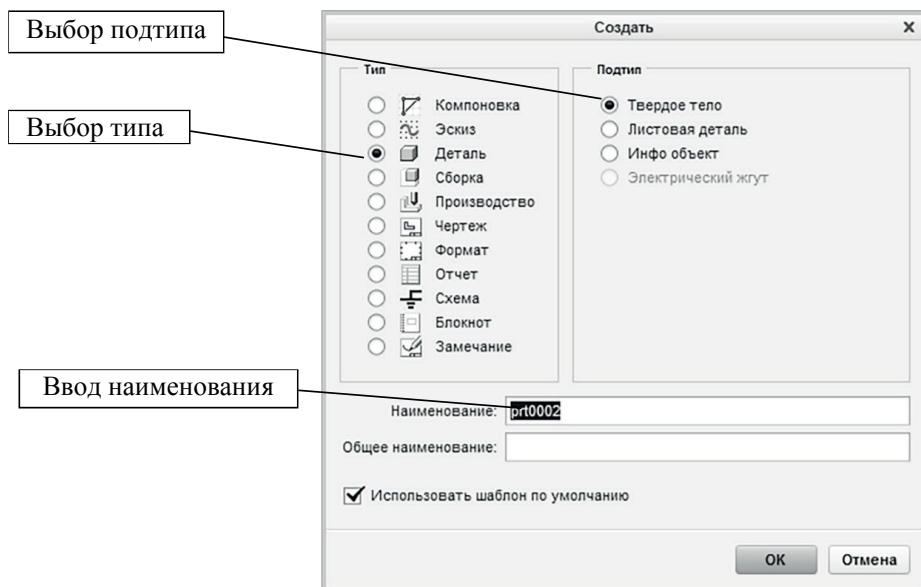


Рис. 4.1. Вход в режим *Деталь* при создании нового объекта

При создании модели детали могут быть использованы заданные по умолчанию шаблоны. Шаблоны содержат в себе общие для всех деталей элементы, такие как: опорные плоскости, набор слоев, сохраненные виды, параметры, единицы измерения и т. д. Если использовать один из имеющихся шаблонов, то настройки шаблона станут настройками для новой детали. Используя шаблон, в дальнейшем можно избежать многих проблем, связанных с соответствием детали корпоративным стандартам. Стандартный шаблон позволит всем инженерам предприятия создавать модели от общей «отправной точки» и гарантирует наличие всех требуемых параметров в каждой модели, созданной на предприятии.

При работе в других режимах (сборка, производство и т. д.) Creo Parametric предоставляет возможность доступа (через опцию *Активировать* в контекстном меню дерева модели) к функциям режима *Деталь* в фоновом режиме, не выходя из текущего режима (рис. 4.2):

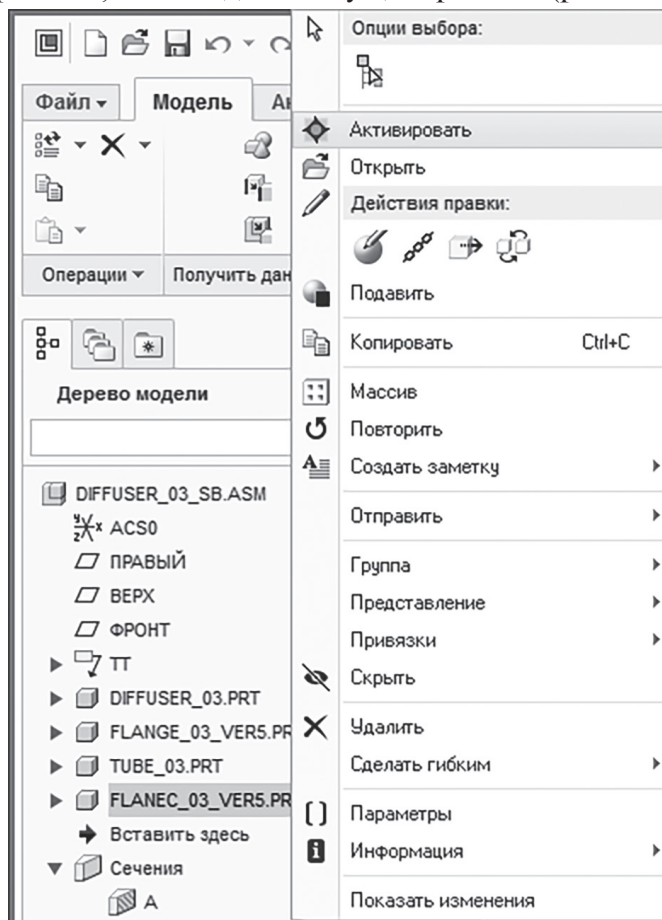


Рис. 4.2. Доступ к режиму *Деталь* из режима *Сборка*



При вызове объекта \*.PRT с помощью команды **Открыть** также осуществляется переход в режим *Деталь*. При этом можно использовать опцию предварительного просмотра (рис. 4.3).

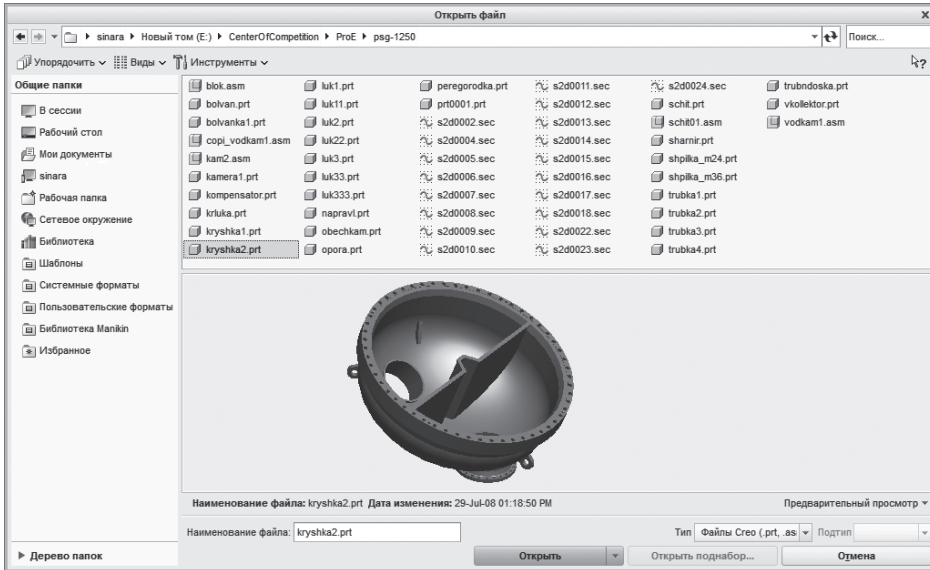


Рис. 4.3. Открытие модели детали с функцией предварительного просмотра

Геометрия модели формируется, как правило, путем создания серии последовательных конструктивных элементов (операций). Процедура создания того или иного конструктивного элемента (операции) сводится:

- к выбору типа операции (например: *Фаска*, *Отверстие* и т.д.);
- выбору привязок, т.е. элементов уже существующей геометрии, относительно которых создаваемый конструкторский элемент будет определять свое местоположение в пространстве (или конфигурацию);
- назначению всех необходимых для данной операции характеристик — атрибутов;
- заданию значений управляющих размеров — численных параметров, определяющих габариты конструктивного элемента;
- прорисовке (в ряде случаев) эскиза (ов) сечения (й), формирующего трехмерную геометрию, при перемещении в пространстве.

Интерфейс режима *Деталь* (см. рис. 4.4) имеет отличия от режима *Эскиз*. Назначение атрибутов происходит в режиме диалога (вопрос-ответ) с диалоговым окном.

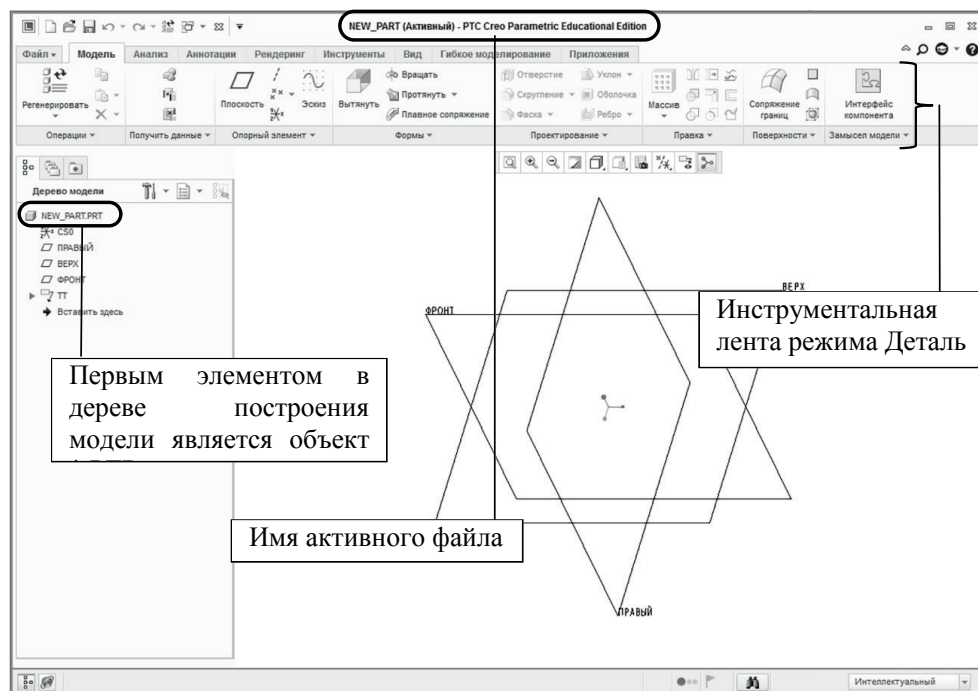


Рис. 4.4. Интерфейс режима *Деталь*

Примеры диалоговых окон приведены на рис. 4.5. В ряде случаев открываются еще и диалоговые панели.

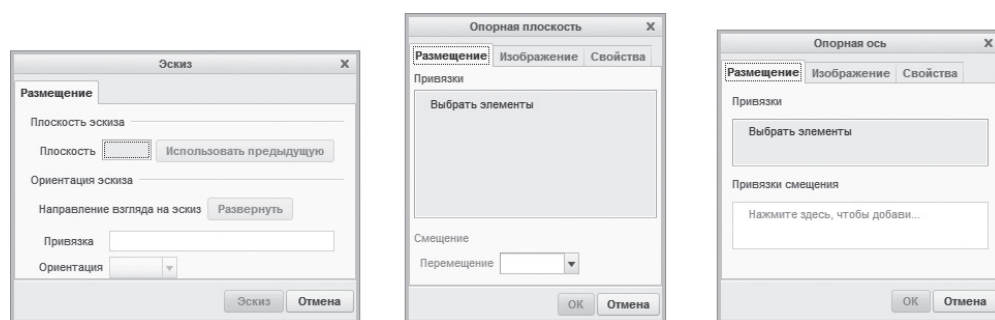
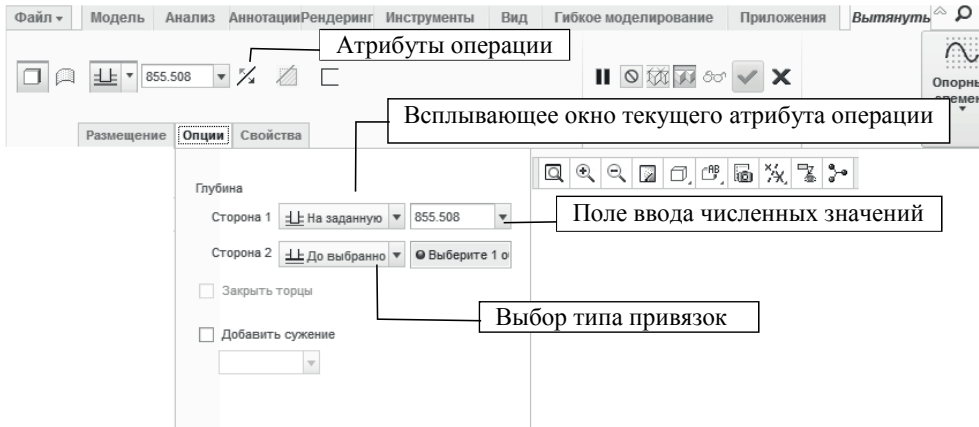





Рис. 4.5. Примеры диалоговых окон

Пример диалоговой панели приведен на рис. 4.6.

Рис. 4.6. Диалоговая панель операции *Вытянуть*

Ответы — это выбор опций в выпадающих меню, выбор геометрии с экрана курсором мыши и ввод численных значений в соответствующие поля. Диалоговый режим зачастую требует от пользователя обязательного ответа на заданный вопрос, не пуская дальше, к другим атрибутам. Диалоговые окна и диалоговые панели операций могут иметь различный вид, но, как правило, диалог с системой заканчивается нажатием кнопки  или . Если все атрибуты операции назначены (корректно), то операция будет выполнена. В этом случае операция будет визуально представлена в модели и отражена в дереве в виде одного из соответствующих значков (например, ). Если операция недоопределена, значок будет иметь специальную метку и ее геометрия не будет представлена в модели.

Геометрия операции полностью соответствует управляющим размерам и атрибутам. Легкий доступ к управляющим размерам и атрибутам с разных уровней Creo Parametric и возможность глобально управлять ими определяют гибкость и параметризацию модели.

Операции отображаются в дереве модели (см. рис. 4.7) в порядке последовательности их создания. Геометрия предыдущей операции может быть использована при создании последующих операций (таких как плоскость для рисования, ребро, привязки, размер и т. д.). В этом случае операция, на которую ссылаются другие операции, называется Родитель, а те, которые ссылаются — Потомок. Соответственно ассоциативная взаимосвязь между ними называется связью Родитель-Потомок.

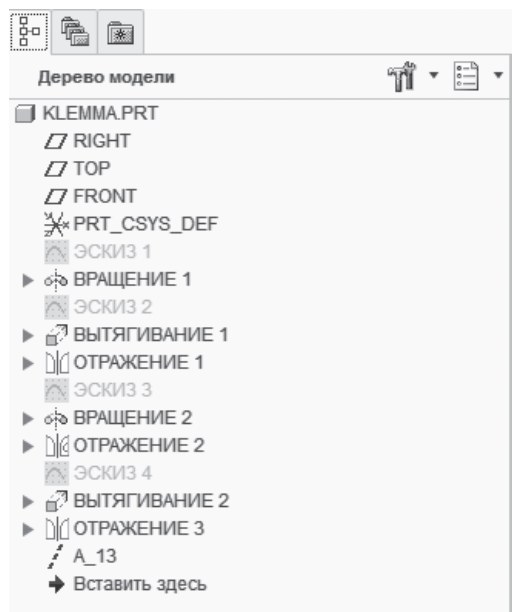


Рис. 4.7. Дерево модели

Все изменения, происходящие в родителях, распространяются и на потомков, так как потомки всегда ссылаются на своих родителей. Это позволяет системе контролировать процесс построения модели, отслеживая все происходящие изменения. Результаты изменений можно оценить после пересчета модели (кнопка **Регенерировать** — см. рис. 4.4).

## 4.2. Действия с конструктивными элементами (операциями)

Действия с операциями осуществляются выбором процедуры в панели *Операции* вкладки *Модель* инструментальной ленты (см. рис. 4.8) и выбора соответствующего объекта в графическом окне или в дереве модели. Быстрый доступ к процедурам можно получить нажатием правой кнопки мыши (открывается контекстное меню — см. рис. 4.9) на выбранном в дереве модели объекте.

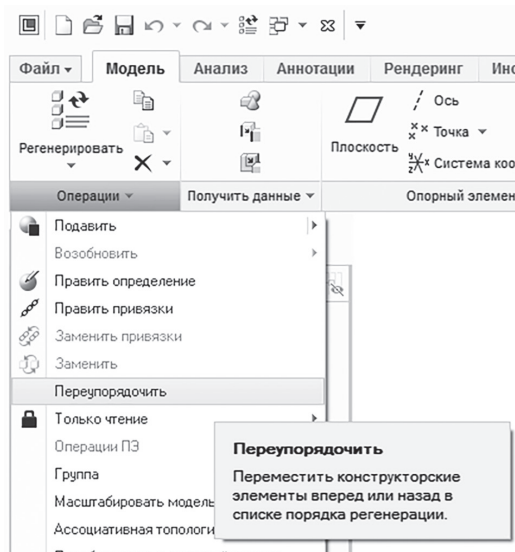


Рис. 4.8. Действия с операциями

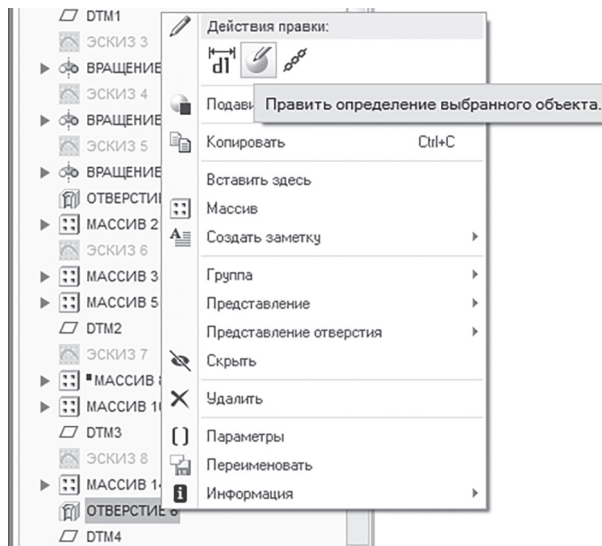






Рис. 4.9. Контекстное меню действий с конструктивными элементами в дереве модели

С конструктивными элементами (операциями) можно осуществлять следующие действия.

1. Удалить. При этом операции — *потомки*, ссылающиеся на эту (-и) операцию (-и) — также будут удалены.

2. Подавить с возможностью последующего их восстановления. При этом все последующие операции — *потомки*, ссылающиеся на эту (-и) операцию (-и) — также будут подавлены. В зависимости от установок фильтров дерева модели, доступ к которым осуществляется по кнопке , расположенной в верхней части дерева (см. рис. 4.7), подавленные операции в дереве модели отмечаются значком  или не показываются вовсе.

3. Восстановить подавленную (-ые) операцию (-ии). В дереве модели восстановленные операции отмечаются значком . Выполнить операцию восстановления возможно, если подавленная операция отображается в модели. Если в фильтре дерева, доступном по кнопке , показ подавленных элементов выключен, то для их восстановления следует предварительно включить отображение подавленных элементов. Пункт *Восстановить* отображается в контекстном меню в том случае, если в дереве имеются подавленные конструктивные элементы.

4. Переименовать операцию (-ии).
5. Править управляющие размеры и параметры.
6. Править определения операции.
7. Править привязки базовой (опорной) геометрии для операции.
8. Создать управляющий размер элемента аннотации — представление на модели управляющего (-их) размера (-ов) в виде 3D-аннотаций. На рис. 4.10 показаны управляющие размеры фаски и диаметра цилиндра, представленные в виде 3D-аннотаций.

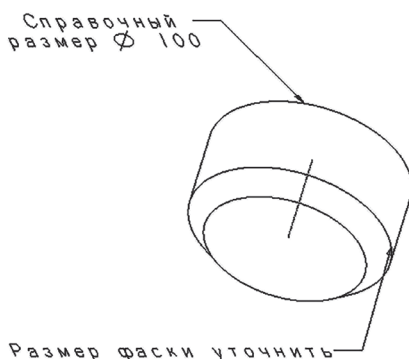






Рис. 4.10. Управляющие размеры, представляемые в виде аннотаций


9. Создавать управляемые **Массивы...** операций. В дереве модели массивы отмечаются значком . Эта возможность появляется после выделения какого-либо элемента, который может быть использован в качестве основы для массива.

10. Скрыть из видимости **Опорные элементы** геометрии (оси, плоскости, кривые, поверхности). Скрытые элементы показываются в дереве модели бледными символами, например  — скрытая **Опорная плоскость**.

11. Создавать зависимые и независимые **Копии** операции (-ий). В дереве модели копии отмечаются значком .

12. Объединять операции в **Группы** для последующих действий. В дереве модели группы операций отмечаются значком .

13. Изменять последовательность операций.

Если связь Потомок-Родитель позволяет изменить порядок, то это можно выполнить простым перетаскиванием (режим DRAG&DROP) операции. Место возможной вставки подсвечивается значком .

На рис. 4.11 эта операция показана на примере перетаскивания **Фаски**, располагавшейся поначалу до операции **Вращение** (рис. 4.11, а) в позицию после **Вращения** (см. рис. 4.11, б).

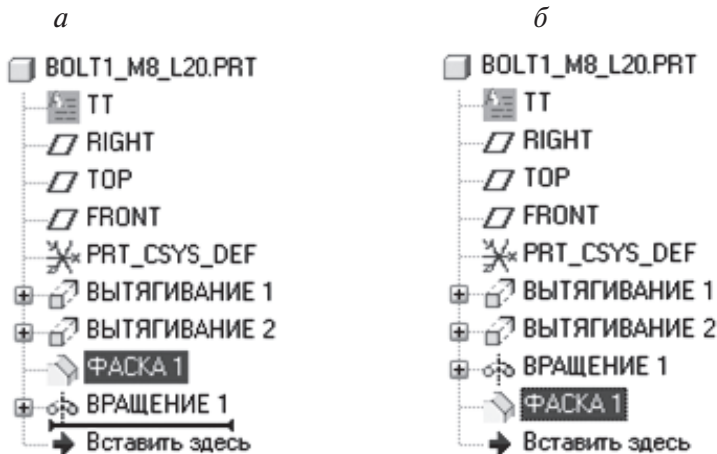





Рис. 4.11. Изменение порядка операций методом перетаскивания (DRAG&DROP)

Если возникла необходимость вставить операцию не в конец списка дерева модели, а в конкретное место дерева модели, для этой цели существует режим вставки **Вставить здесь**. Для этого необходимо перетащить локатор вставки  Вставить здесь в то место, где необходимо вставить операцию (рис. 4.12), или через **Править > Действия с Элементами > Режим вставки** указать операцию, после которой необходимо вставить будущую операцию. Место будущей операции будет определяться положением значка  Вставить здесь в дереве модели, а все операции после значка  Вставить здесь будут временно подавлены.

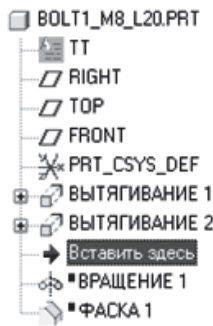


Рис. 4.12. Вставка операции в дерево модели

Некоторые из перечисленных выше действий осуществляются выбором процедуры в *Менеджере меню*, который появляется по команде **Операции с элементами** в панели *Операции* вкладки *Модель* инструментальной ленты (см. рис. 4.8) и выбора соответствующего объекта с экрана или дерева. Большая часть действий доступна также из контекстного меню, открывающегося нажатием правой кнопки мыши на выбранном в дереве модели объекте (см. рис. 4.9).






### 4.3. Классификация конструктивных элементов (операций)

Самым главным действием с элементами является процедура их формирования. Перед созданием конструктивного элемента (операции) конструктор должен ясно представить будущий результат и выбрать тот тип операции, который уместен в данном конкретном случае. Для этого нужна полная ясность, к какому результату приведет тот или иной тип, атрибут и другие свойства элемента.

Элементы (операции) можно разделить на классы по типу получаемой геометрии.

#### 1. Опорные













Эти операции образуют бестелесную вспомогательную геометрию.

Обозначение	Наименование
 DTM	Опорные плоскости
 A_	Опорные оси
 PNT	Опорные точки
 Curve	Опорные кривые
 CS	Координатные системы



## 2. Твердотельные









Эти операции формируют конструктивные элементы в виде телесных (полнообъемных) геометрических тел. К твердотельным элементам (операциям) относятся следующие:

Обозначение	Наименование
 ВЫТЯГИВАНИЕ	Добавление к телу модели нового объема выдавливанием сечения/удаление объема от тела модели выдавливанием сечения
 ВРАЩЕНИЕ	Добавление к телу модели нового объема вращением сечения/удаление объема от тела модели вращением сечения
 ВЫСТУП	Добавление к модели объема путем протягивания сечения по траектории
 ВЫРЕЗ	Удаление объема от тела модели путем протягивания сечения по траектории
 ВЫСТУП	Добавление к телу модели объема при помощи перехода между сечениями
 ВЫРЕЗ	Удаление объема от тела модели при помощи перехода между сечениями
 ОБОЛОЧКА	Создание телесной оболочки
 УКЛОН	Создание литейного уклона
 СКРУГЛЕНИЕ	Создание скругления на ребре
 ФАСКА	Создание фаски на ребре
 ОТВЕРСТИЕ	Создание отверстия в теле модели
 РЕБРО	Создание ребер

и т. д.

## 3. Поверхностные



Эти операции формируют бестелесные поверхности/оболочки, которые используются для последующего создания твердотельных конструктивных элементов (операций):

Обозначение	Наименование
 ВЫТЯГИВАНИЕ	Создание новой поверхности вытягиванием сечения
 ВРАЩЕНИЕ	Создание новой поверхности вращением сечения
 ПОВЕРХНОСТЬ	Создание новой поверхности путем протягивания сечения по траектории
 ПОВЕРХНОСТЬ	Создание новой поверхности при помощи перехода между сечениями
 СМЕЩЕНИЕ 1	Копирование поверхности детали
 ЗАПОЛНЕНИЕ	Создание новой поверхности по рисованному контуру сечения
 ОТРАЖЕНИЕ	Копирование выбранных поверхностей
 ОБЪЕДИНЕНИЕ	Объединение нескольких поверхностей в одну

и т. д.

#### 4. Оформительские

Оформительские операции формируют геометрию для особых вспомогательных визуальных эффектов в теле модели:

Обозначение	Наименование
 ОФОРМЛЕНИЕ	Обозначение резьбы
 ОФОРМЛЕНИЕ	Отображение рисованных элементов (надписей и т. п.)

и т. д.

В свою очередь **Твердотельные** операции делятся на базовые и конструктивные:

- **базовые** операции формируют некую черновую «заготовку» будущей трехмерной модели (пример — рис. 4.13, *а*);
- **конструктивные** операции, доводящие форму модели до конечного результата (пример — рис. 4.13, *б*). Как правило, это такие операции, как отверстия, скругления, проточки, пазы и т. д. Конструктивные операции базируются на базовых операциях и без них невозможны.

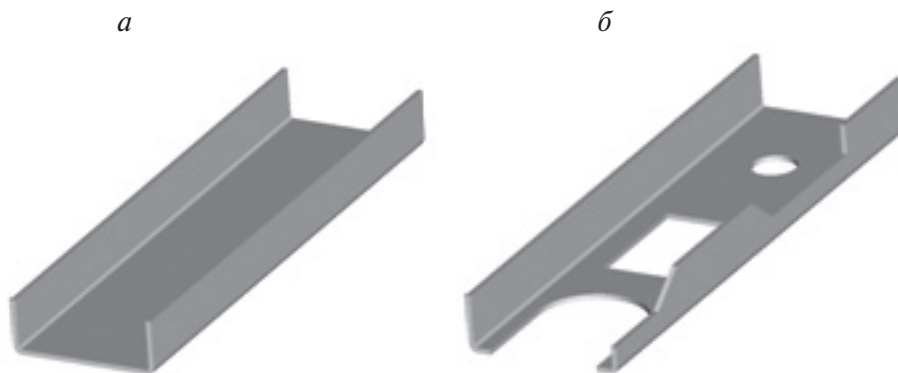


Рис. 4.13. Создание базовой заготовки (*а*) и окончательный вид модели (*б*)

По способу построения геометрии операции делятся на рисованные и операции, размещаемые в модели по привязке «укажи и размести».

**Рисованные** операции формируют геометрию путем перемещения в пространстве сечения по определенному закону, либо замыкая одно сечение с другим. На рис. 4.14 показан эскиз сечения, на рис. 4.15 — четыре твердотельные модели, полученные преобразованием этого сечения с помощью различных инструментов: **Вытянуть** (*а*), **Протянуть** (*б*), **Вращать** (*в*) и **Плавное сопряжение** (*г*).

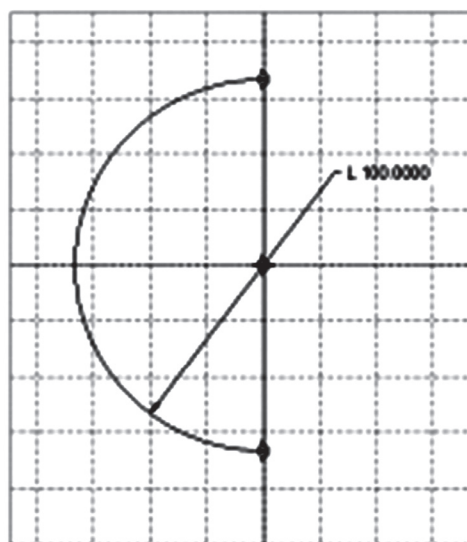


Рис. 4.14. Эскиз модели

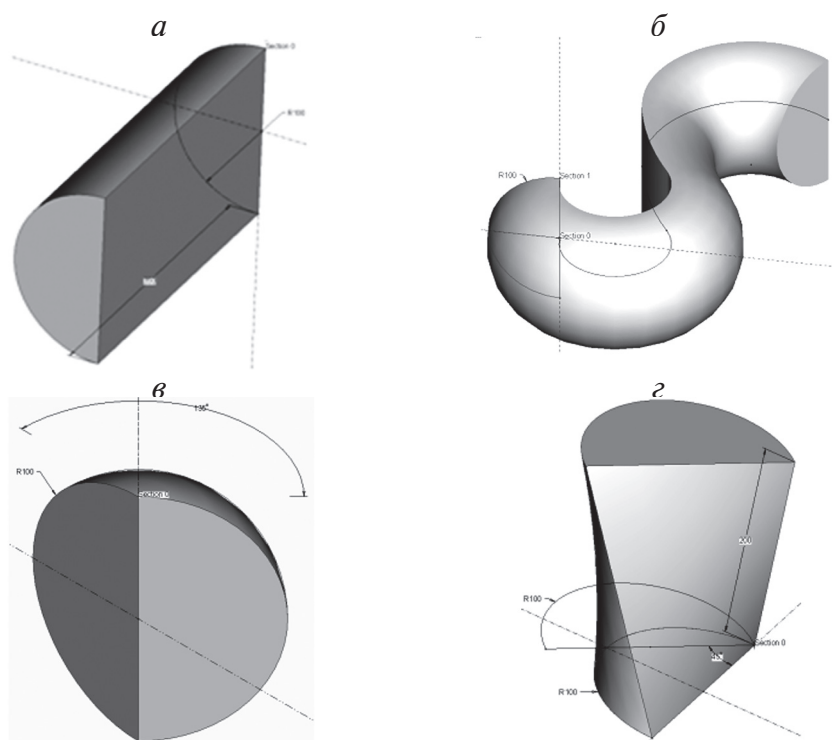


Рис. 4.15. Твёрдые модели, полученные вытягиванием (а),  
протягиванием сечения по траектории (б), вращением (в)  
и сопряжением сечений (г)

**Операции, размещаемые в модели по привязке «укажи и размести»,** — это стандартные операции, форма сечений которых определена и не требует прорисовки. Для построения таких операций достаточно назначения необходимых привязок, определяющих их местоположение. К таким операциям относятся **Отверстие, Фаска, Скругление** и т. д.

По способу использования сечения при создании геометрии рисованные операции можно разделить на типы (рис. 4.16):

- **твердотельная** операция добавляет (или удаляет) замкнутый телесный объем, заполняя все пространство внутри сечения;
- **твердотельная-Тонкостенная** операция добавляет (или удаляет) тонкостенный телесный объем (оболочку), располагая его с равномерным отступом от элементов сечения;
- **поверхность/оболочка** — операция добавляет бестелесную поверхность/оболочку.

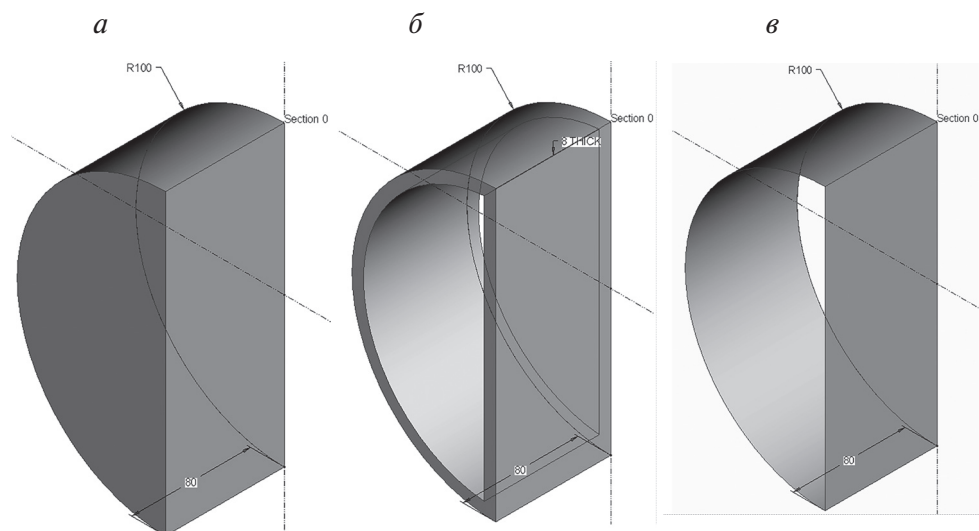


Рис. 4.16. Различные типы рисованных операций: твердотельная (а), твердотельная-тонкостенная (б) и поверхность/оболочка (в)

При работе с инструментами **Вытянуть** или **Вращать** можно прямо в панели текущей операции переключаться между типами операций, т. е. менять **Твердотельная** на **Твердотельная-Тонкостенная** или **Поверхность/оболочка** (см. рис. 4.17).

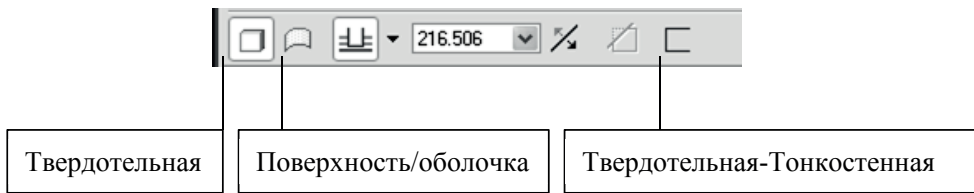













Рис. 4.17. Диалоговая панель инструмента Вытянуть



В табл. 4.1 представлены варианты использования различных типов операции.

Таблица 4.1

Таблица преимущества типов операций при работе  
с панелью текущей операции

Инструменты	Операция	Типы моделей		
		Твердо- тельная	Твердотельная- Тонкостенная	Поверхность/ оболочка
 Вытягивание	 ВЫТЯГИВАНИЕ  ВРАЩЕНИЕ (добавление ма- териала)			
 Вращение	 Вырез  Вырез (удаление мате- риала)			—





#### 4.4. Атрибуты операций

Классы, типы и подтипы, перечисленные выше, выбираются перед началом создания операции (например, **Твердотельное > Выдавливание > Прямое > Тонкостенное**). Класс, тип и подтип не могут быть изменены, т. е. **Базовый элемент** нельзя изменить на **Поверхность**, **Вращение** на **Прямое вытягивание**, **Твердотельное** построение на **Тонкостенное** (за исключением работы  **Вытянуть** или  **Вращать**) и т. д. При необходимости подобных изменений операцию можно только удалить и создать заново.

В отличие от типа операции, атрибуты операции можно гибко менять. Атрибуты операции назначаются при работе с диалоговым окном или диалоговой панелью текущей операции. Операция, как правило, име-

ет несколько атрибутов, некоторые из них уникальные для конкретной операции.

Ниже представлены принципы работы нескольких наиболее типовых атрибутов рисованных операций:

- параметр **Изменить направление глубины...**  определяет направление распространения операции относительно плоскости рисования (**Повернуть**). Различия показаны на рис. 4.18.
- параметр **Изменить направление выдавливания материала...**  определяет направление удаления  +  материала (см. табл. 4.1) относительно геометрических элементов эскиза. Различия показаны на рис. 4.19.

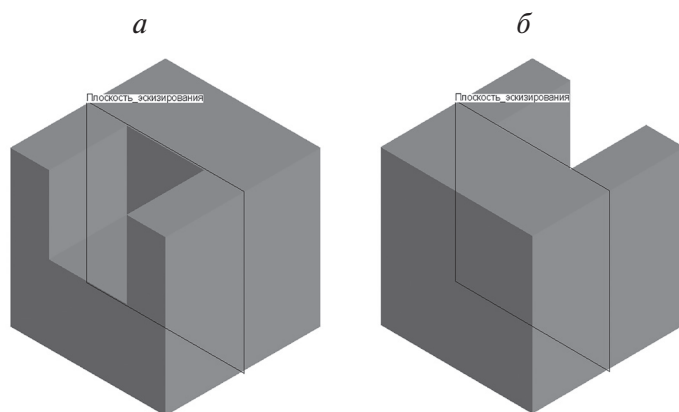


Рис. 4.18. Влияние изменения направления распространения операции

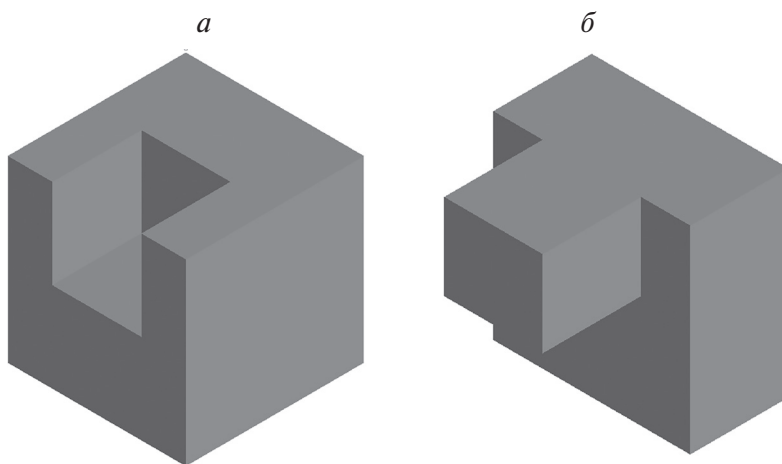















Рис. 4.19. Влияние изменения направления выдавливания материала

- параметр **Глубина** определяет глубину распространения операции относительно плоскости рисования. Варианты глубины распространения операции и их условные обозначения представлены в табл. 4.2, примеры показаны на рис. 4.20 и 4.21 соответственно.

Таблица 4.2

Варианты глубины распространения операции при добавлении () Вытянуть) или удалении () материала путем выдавливания

	— в <i>одном</i> направлении от плоскости эскиза на заданную глубину
	— в обе стороны от плоскости эскиза на половину заданной глубины
	— до следующей поверхности
	— до пересечения со всеми поверхностями
	— до выбранной поверхности
	— до выбранной точки, кривой, поверхности или плоскости
При добавлении (  ) Вращать) или удалении (  ) материала путем вращения:	
	— в <i>одном</i> направлении от плоскости эскиза на заданный угол
	— в обе стороны от плоскости эскиза на половину указанного угла в каждом направлении
	— до выбранной точки, плоскости или поверхности

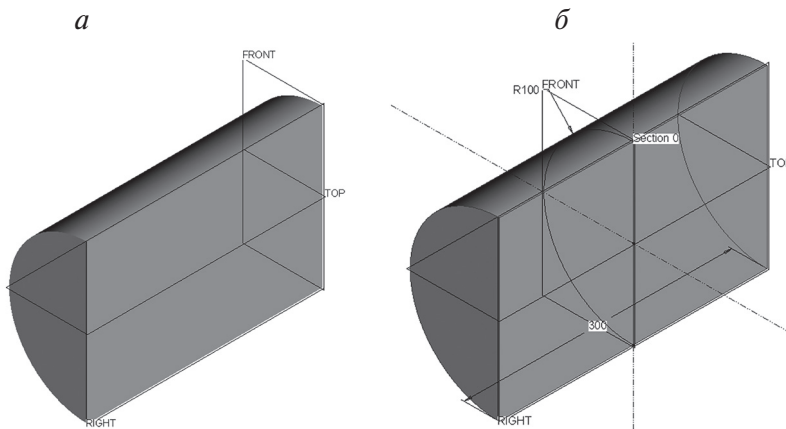


Рис. 4.20. Вытягивание на заданную величину в одном (а) и в двух (б) направлениях от плоскости построения эскиза — плоскости FRONT

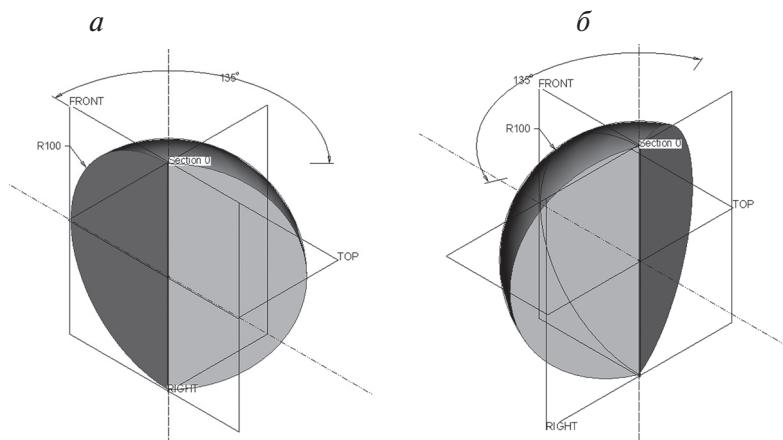


Рис. 4.21. Вращение на заданный угол в одном (а) и в двух (б) направлениях от плоскости построения эскиза — плоскости FRONT

Часто необходимость в тех или иных атрибутах определяется другими, уже назначенными атрибутами.

- параметры **Заккрыть торцы**, **Объединить концы** назначаются только для *открытых траекторий* в операциях **Протянуть**. Различия в этих атрибутах наглядно представлены на рис. 4.22.

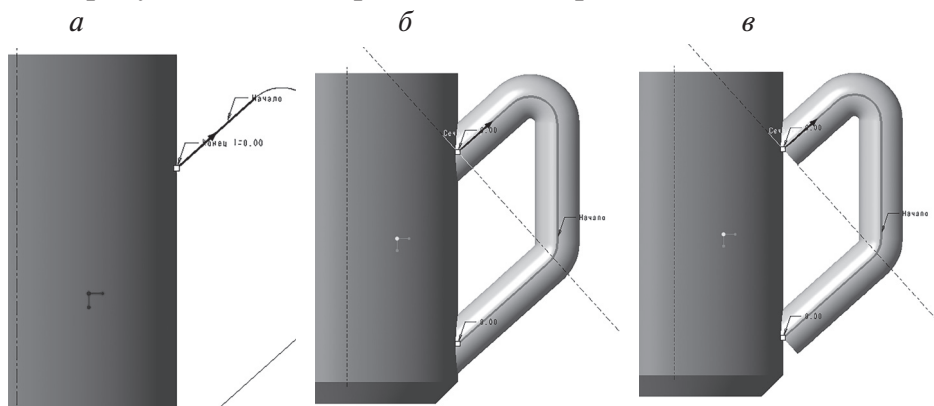


Рис. 4.22. Эскиз траектории (а) и различия атрибутов Объединить концы (Вкл) (б) и Объединить концы (Выкл) (в) операции Протянуть

## 4.5. Особенности работы с эскизом в режиме Деталь

При создании рисованных операций система автоматически переключается на режим *Эскиз*. При этом предоставляется доступ ко всем функциональным возможностям режима *Эскиз*. В то же время работа с эскизами в режиме *Деталь* имеет ряд существенных отличий:



- Обязательно назначение плоскости (грани) для рисования эскиза (**Плоскости эскиза**). На рис. 4.23, б показано, как следует выбрать плоскость эскиза на модели и ее отражение в окне *Эскиз*. Стрелка вблизи плоскости эскиза показывает направление взгляда на эскиз (рис. 4.23, б). Изменить направление взгляда на противоположный можно, щелкнув по кнопке **Развернуть** в окне *Эскиз*.
- Обязательно назначение **ссылочной плоскости** (грани), перпендикулярной к плоскости рисования. Это необходимо, так как после того, как эскизная плоскость будет установлена параллельно экрану, у модели останется еще одна степень свободы — вращение вокруг оси, перпендикулярной плоскости эскизирования. На рис. 4.23, в показано, как производится выбор ссылочной плоскости и ориентация ссылочной плоскости.

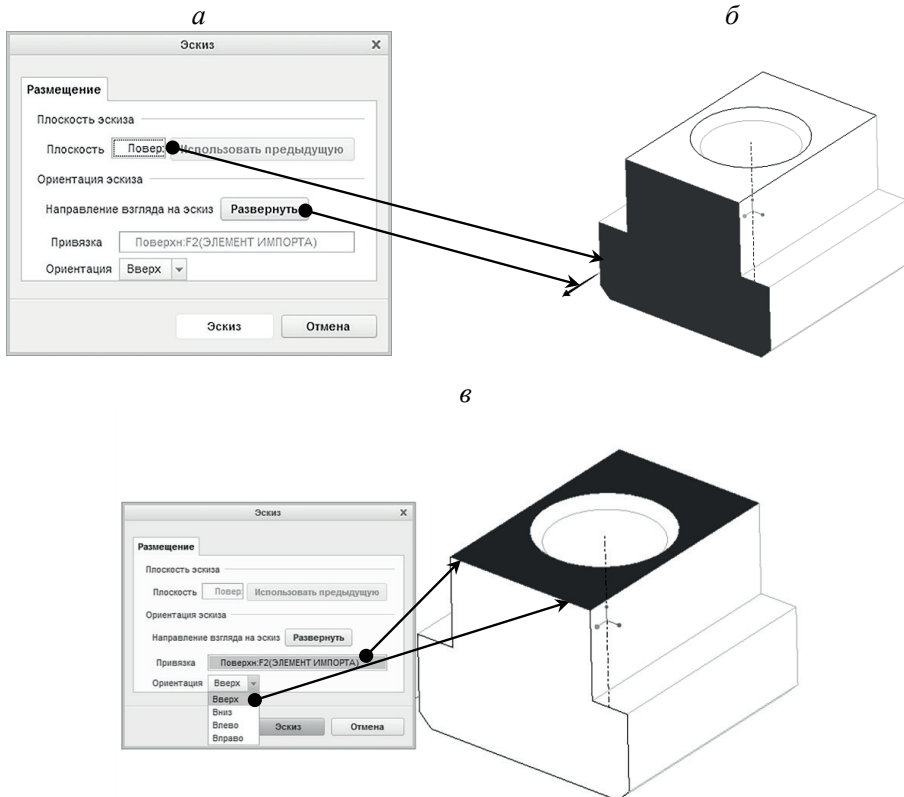


Рис. 4.23. Назначение эскизной плоскости в диалоговом окне *Эскиз* (а) и на модели (б); назначение ссылочной плоскости (в) и ее ориентация *Вверх*

- Обязательно назначение привязок к геометрии, относительно которой будет образмериваться эскиз. На рис. 4.24 показан пример назначения привязок. В качестве привязок на этом рисунке выбраны верхняя грань детали (она же является ссылочной плоскостью); опорная ось (совпадает с осью отверстия детали); боковые грани верхней части детали (в количестве двух штук) и грань, проходящая по середине детали параллельно ссылочной плоскости. Все элементы, выбранные в качестве привязок, обозначаются в среде эскиза пунктирными линиями.

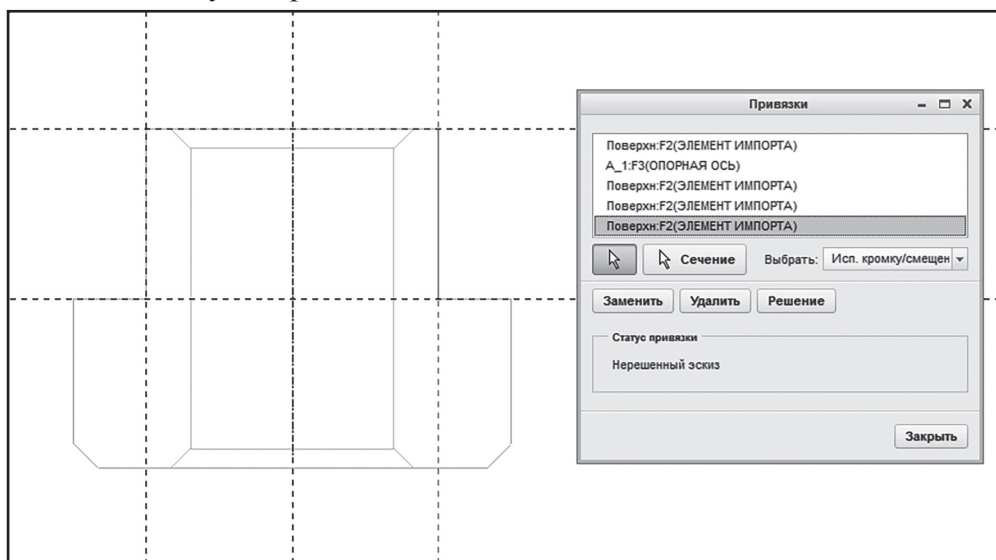







Рис. 4.24. Назначение привязок для указания размеров эскиза

В качестве геометрических элементов эскиза можно использовать элементы ранее созданных операций (ребра, кривые). Для этого необходимо:

- либо скопировать их геометрию командой  **Проецировать** (создает объекты, проецируя кривые или кромки на плоскость эскиза);
- либо скопировать геометрию с отступом командой  **Смещение** (создает объект путем смещения кромки или эскизного объекта).

Кнопки команд  **Проецировать** и  **Смещение** находятся в панели *Создание эскиза* вкладки *Эскиз*.

В процессе создания эскиза можно менять угол зрения на эскиз в пространстве при помощи мыши. Для возвращения эскиза в 2D-ориентацию используется команда **Ориентировать плоскость эскиза параллельно экрану**

(**Эскиз > Подготовка > Вид эскиза**) или пиктограмма  **Вид эскиза** в графической панели. Пример операции представлен на рис. 4.25.

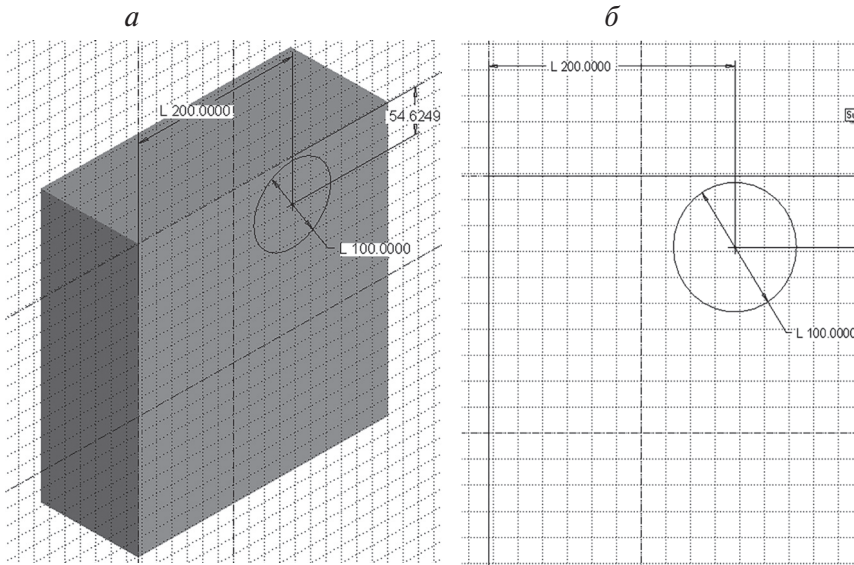



Рис. 4.25. Изменение точки зрения на эскиз с помощью мыши (а) и возврат в 2D-ориентацию (б)

Для ряда операций необходимо назначать стартовую точку — выбрать указателем  вершину (**Эскиз > Инструменты > Начальная точка** или при помощи мыши выбрать в контекстном меню **Начальная точка**). В частности, к таким операциям относится операция прорисовки траектории для последующего создания модели методом *Протягивания*, как показано на рис. 4.26.

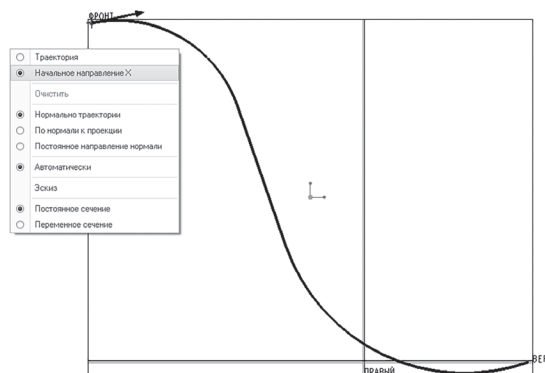



Рис. 4.26. Назначение стартовой точки

Для перехода от одного сечения к другому при создании параллельного сопряжения путем рисования сечений (операция *Сопряжение* ( **Сопряжение**)) необходимо открыть вкладку *Сечения* и щелкнуть **Вставить**. Далее следует задать величину смещения второго сечения от первого и щелкнуть **Эскиз...** для рисования эскиза второго сечения (рис. 4.27).

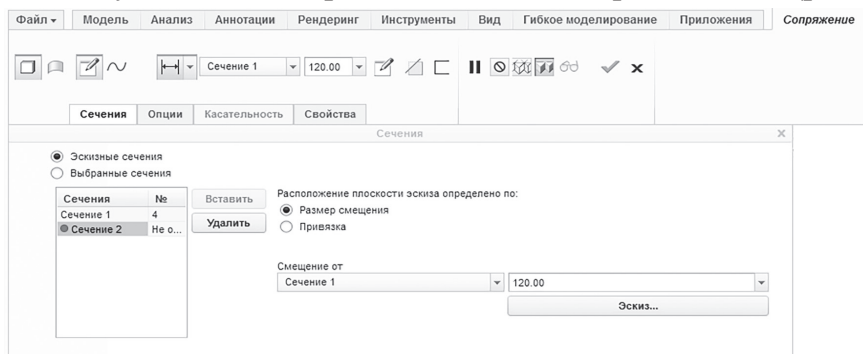


Рис. 4.27. Создание второго сечения в операции *Сопряжение*

При создании сопряжения параллельных сечений количество вершин в эскизах должно оставаться неизменным. Однако иногда необходимо выполнить сопряжение двух эскизов с разным количеством вершин (например, выполнить сопряжение прямоугольника (четыре вершины) и треугольник, имеющий три вершины). В этом случае одно из ребер сводится в точку, а в эскизе треугольника необходимо добавить вершину. Для добавления объекта-местозаменителя вершины следует выделить вершину треугольника, в которую должно спроецироваться ребро, а затем щелкнуть команду **Эскиз > Подготовка > Инструменты констр. элемента > Вершина сопряжения**, как показано на рис. 4.28.

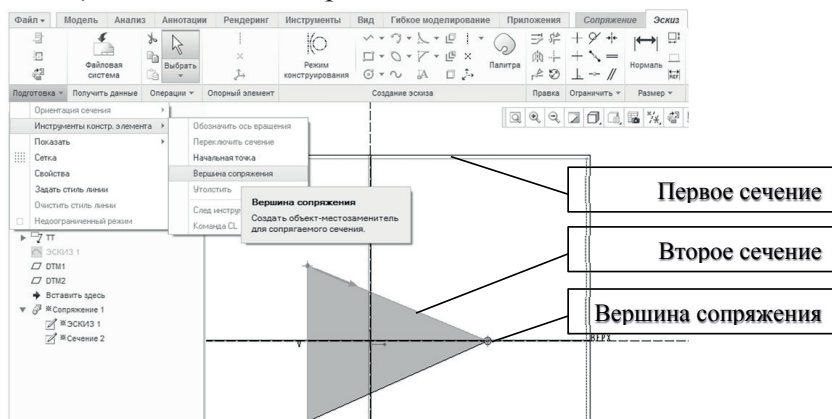


Рис. 4.28. Добавление вершины сопряжения

На рис. 4.29 продемонстрирован процесс проецирования ребра в вершину сопряжения.

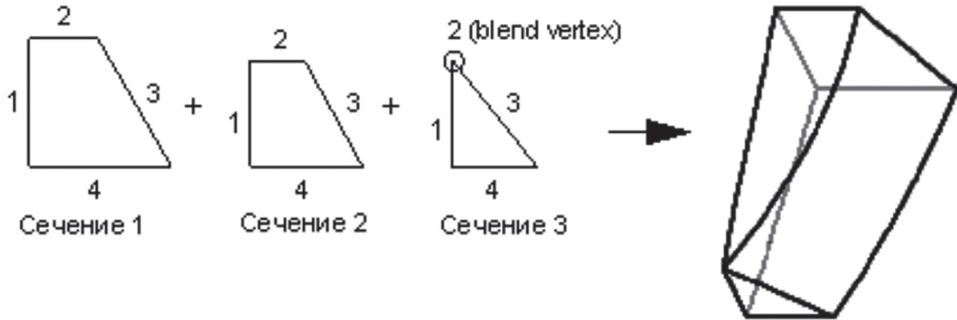


Рис. 4.29. Проецирование ребра в вершину сопряжения

## 4.6. Философия моделирования детали

Перед началом моделирования детали в Creo Parametric необходимо заглянуть на несколько шагов вперед:

- сделать анализ функционального назначения детали и анализ стратегии построения ее виртуальной модели;
- предусмотреть возможные изменения в конструкции при подготовке производства и в процессе проведения последующих модернизаций изделия;
- произвести анализ модели детали для решения: следует ли создавать модель «с чистого листа» или переделать уже существующую модель?
- до начала построения геометрии детали необходимо ответить на следующие вопросы:
  - какие размеры являются критическими для геометрии, т.е. могут кардинально изменить ее пропорции и внешний вид?
  - какие размеры могут/будут меняться в будущем?
  - какие размеры важны с точки зрения обработки детали?
  - какие размеры должны управлять другими через соотношения?
  - будет ли деталь принадлежать групповому чертежу (т.е. являться членом **Таблицы Семейств**)?
  - как (и какими конструктивными элементами) взаимодействует деталь с другими деталями в **сборке (-ах)**?

## Шаги построения модели

1. Определение базовой операции.
2. Создание эскиза базовой операции.
3. Определение желаемой размерной схемы для базовой операции (размерную схему желательно выбирать такую же, как на чертеже).
4. Сопоставление характеристик операции с операциями в других моделях.
5. Добавление конструктивных операций при соблюдении размерной схемы.
6. Добавление соотношений между размерами для повышения устойчивости модели при модификациях.
7. Назначение баз обработки, полей допусков размерам, отклонение формы и т. д.
8. Добавление дополнительных атрибутов для модели (плотности, параметров и т. д.).

Далее, как и после изучения работы в режиме *Сечения* (раздел 2) и техники создания *Опорных элементов* (раздел 3), следует выполнить несколько лабораторных работ для приобретения и закрепления практических навыков работы в режиме *Деталь*. Выполнение лабораторных работ предполагает во многом самостоятельную работу. В первых лабораторных работах на многих шагах при выполнении упражнений даются поясняющие рекомендации для правильной реализации задания. На более простых шагах показаны лишь иконки тех действий, которые следует выполнить.

В последующих работах, по мере приобретения практических навыков, количество пояснений уменьшается, а некоторые задания даются почти без пояснений.

Если при создании моделей деталей вы испытываете проблемы с созданием эскизов, следует вернуться к разделу 2 и повторить первые пять лабораторных работ. Это же относится и к лабораторным работам раздела **Детали**: при возникновении трудностей при выполнении упражнений следует вернуться к началу обучения, и так до тех пор, пока выполнение лабораторных работ не перестанет вызывать трудности.

---

### 4.7. Моделирование детали

---

Рассмотрим процесс моделирования детали, приведенной на рис. 4.30.

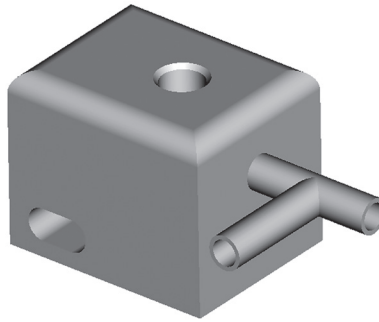


Рис. 4.30. Модель детали

## Этап 1. Создание базового элемента в технике твердотельного моделирования

Шаг 1. Создайте новую деталь без использования заранее заготовленных шаблонов: **Файл > Создать > Деталь**.

Шаг 2. Дайте файлу имя **box**.

Шаг 3. Выберите «пустой» шаблон (в соответствии с рис. 4.31, б).

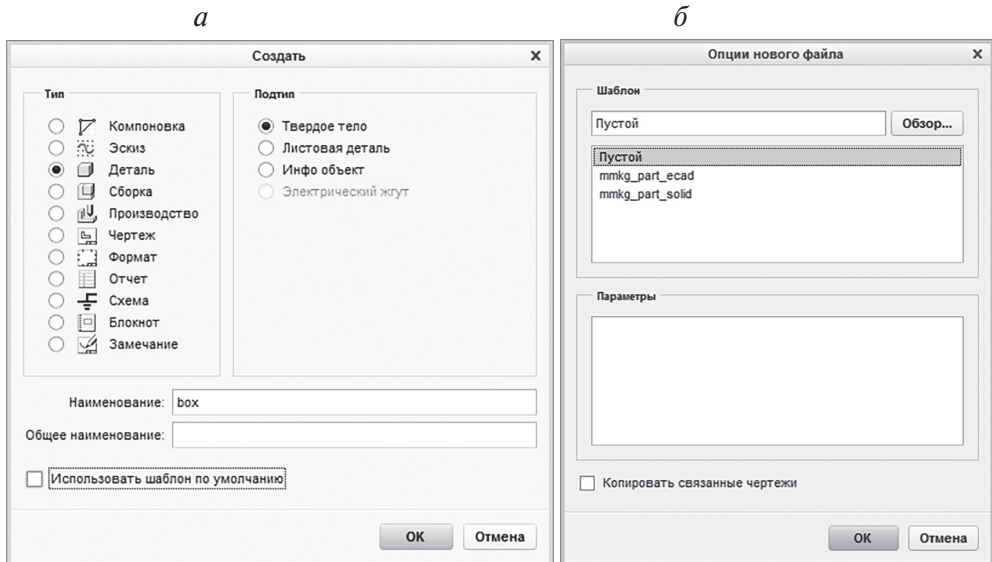


Рис. 4.31. Диалоговые окна *Создать* (а) и *Опции нового файла* (б) на начальных шагах создания детали

Шаг 4. Завершите выбор .

Следующие шаги являются по большей части элементами профессиональной культуры в сфере информационных технологий. Одним из ее

важнейших элементов является обеспечение сохранности результатов труда. Поэтому первым действием после создания файла является операция по его записи на носитель — операция *Сохранить*. При работе в среде автоматизированного проектирования еще одним этапом, не менее важным, является установка корректной системы измерения в файле и присвоение материала. Этому посвящены шаги 5 и 6.

Шаг 5. Откройте команду **Свойства модели** (**Файл** > **Подготовить** > **Свойства модели**), как показано на рис. 4.32.

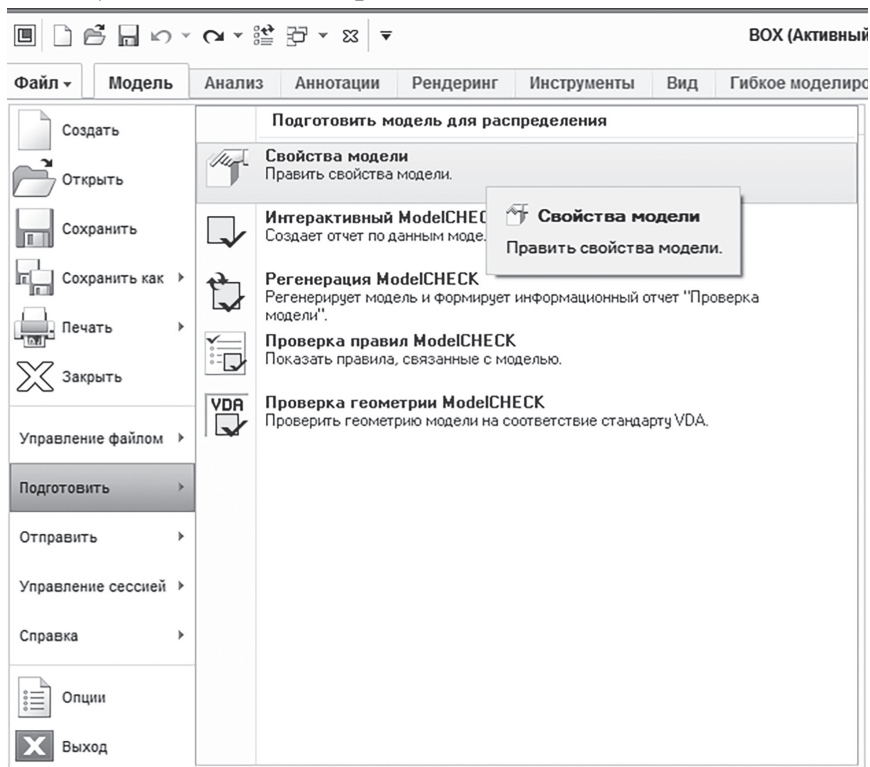


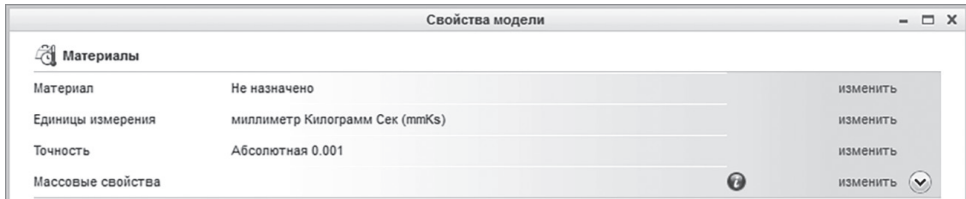
Рис. 4.32. Проверка свойств модели

Окно *Свойства модели*, которое открылось, содержит много элементов. В настоящее время нас интересует раздел **Материалы**, представленный на рис. 4.33, а. Обратите внимание на поле *Единицы измерения*. В соответствии с требованиями ЕСКД [4] основными единицами измерений, используемыми в машиностроении, являются миллиметр, килограмм, секунда. Именно эти величины должны быть указаны во второй колонке поля *Единицы измерения* (см. рис. 4.33, а). Если это не так, следует щелкнуть по кнопке **Изменить** (в третьей колонке поля *Единицы измерения*) и внести необходимые изменения.

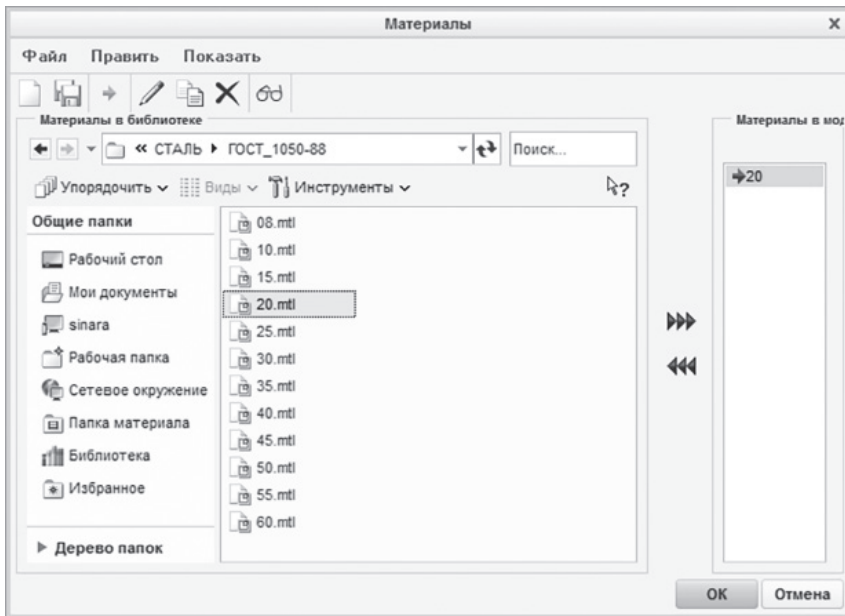


Далее следует обратить внимание на поле *Материал*. Вероятнее всего, во второй колонке этого поля имеется запись *Не назначено*, как показано на рис. 4.33, а. Следует щелкнуть по кнопке **Изменить** (в третьей колонке поля *Материал*) и внести необходимые изменения. В качестве примера для модели **BOX** назначим углеродистую сталь Ст. 20 по ГОСТ 1055–88.

а



б



в

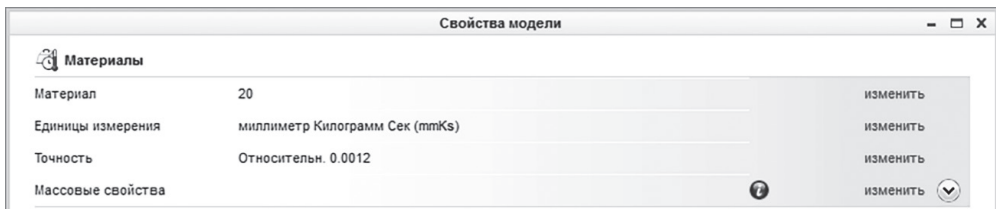


Рис. 4.33. Назначение свойств модели:  
до (а), во время (б) и после (в) назначения материала

На рис. 4.33, б показан результат прохождения в библиотеке следующего пути: **Папка материала > Материалы и сплавы > Материалы черные > Сталь > ГОСТ\_1050–88 > 20.mtl**. Двойной щелчок в поле *20.mtl* копирует название стали (Ст. 20) в поле *Материалы в модели* (рис. 4.33, б, справа). Щелчок по кнопке **ОК** завершает назначение материала. Результат назначения свойств модели представлен на рис. 4.33, в.

Шаг 6. Запись файла модели в рабочей папке.

Перед сохранением (записью) файла модели на носителе следует установить рабочую папку для того, чтобы все сохраняемые модели находились в одном месте. Для хранения учебных моделей настоящего учебного пособия рекомендуется заранее создать папку **../Creo 3.0/Work/TRAINING** и назначить ее в качестве рабочей папки. На рис. 4.34 представлен режим назначения рабочей папки через контекстное меню (меню, вызываемое правой кнопкой мыши) в навигаторе Creo Parametric.

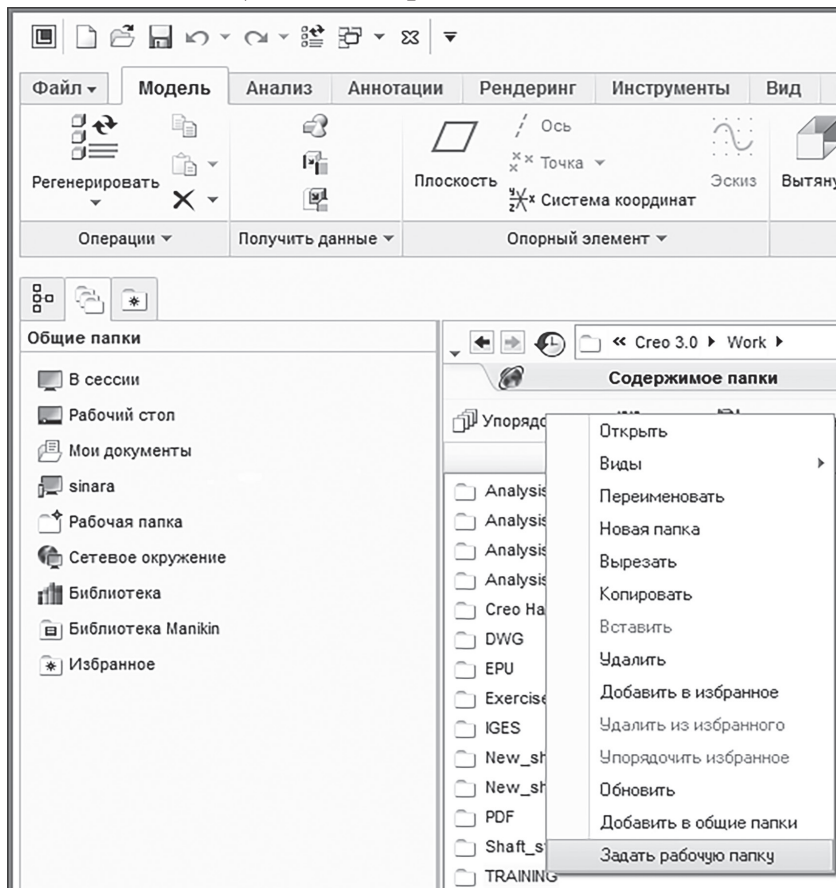



Рис. 4.34. Назначение рабочей папки **../Creo 3.0/Work/TRAINING**

Когда рабочая папка назначена, для записи файла модели достаточно щелкнуть по кнопке  **Сохранить** в панели быстрого доступа или использовать «горячую» комбинацию **Ctrl+S**.

В следующих лабораторных работах описание назначения материала и запись модели на носитель не приводятся только для экономии места. Эти операции следует выполнять обязательно, а сохранять модель (**Ctrl+S**) следует после выполнения каждой операции.

Продолжим создание модели **BOX**. Детали конструируются как совокупность определенных операций (конструктивных элементов). Среди операций выделяется *Базовая операция* — это первая операция, формирующая основу детали. Создадим базовый конструктивный элемент путем вытягивания прямоугольного сечения, как показано на рис. 4.35, б.

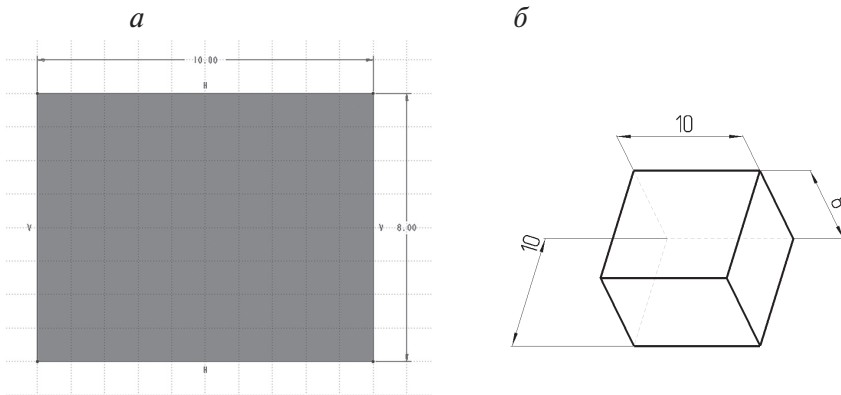



Рис. 4.35. Эскиз (а) и результат (б) операции вытягивания

Шаг 7. Выберите создание операции путем вытягивания ( **Вытянуть**). После выбора операции откроется ее диалоговое окно (операции вытягивания) (рис. 4.36).

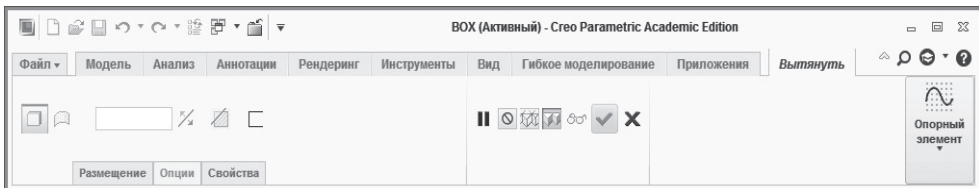


Рис. 4.36. Диалоговое окно операции  **Вытянуть**

Шаг 8. **Размещение > Задать** (для создания сечения текущей операции).

Шаг 9. Находясь в режиме *Эскиз*, создайте двумерный эскиз базовой операции (нарисуйте прямоугольник в соответствии с рис. 4.35, а).

Шаг 10. Завершите эскиз .

Шаг 11. Задайте глубину вытягивания операции, равную 10 мм (рис. 4.37):

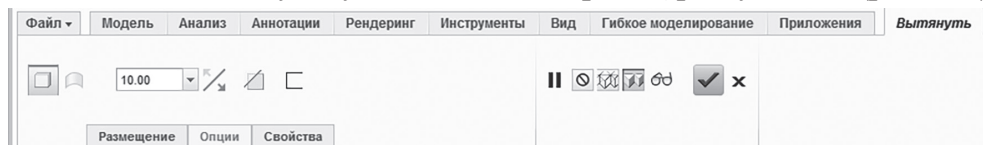




Рис. 4.37. Назначение глубины вытягивания

*Примечание.* Глубину выдавливания операции также можно динамически менять при помощи технологии DRAG&DROP (выбрать и перетащить), используя привязку (белый маркер) на модели.

Шаг 12. Выполните предварительный просмотр результата () , и в случае, если результат удовлетворяет... (соответствует рис. 4.35, б).

Шаг 13. Завершите создание операции (команда **Применить** ) Результат операции показан на рис. 4.38.

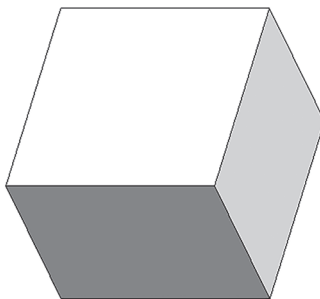



Рис. 4.38. Результат операции  Вытянуть

## Этап 2. Создание безэскизных конструктивных элементов

Конструкционные операции усовершенствуют базовую операцию. *Отверстия* (кроме созданных по эскизу), *фаски* и *скругления* являются операциями типа «указать и разместить». В операциях такого типа не используется эскиз (потому они называются безэскизными), их форма определяется типом операции и существующей геометрией.

### Создание отверстия

Шаг 1. Выберите операцию *Создание отверстия* . Откроется диалоговое окно текущей операции (рис. 4.39).

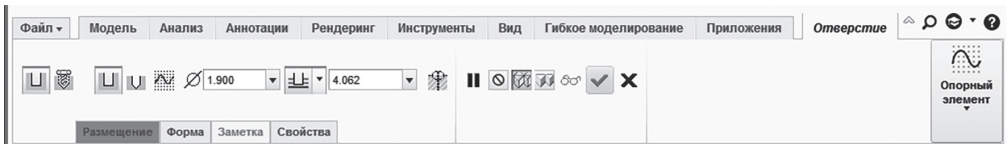





Рис. 4.39. Окно операции

Шаг 2. Установите необходимые атрибуты операции (рис. 4.40):

- тип — **Простое отверстие** ;
- профиль отверстия сверления — **Прямоугольник** ;
- диаметр отверстия — **2 мм**;
- ограничение глубины отверстия — **Насквозь** .

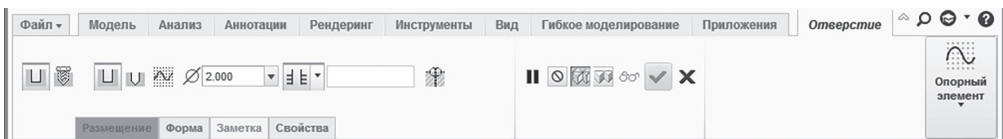


Рис. 4.40. Атрибуты операции

Шаг 3. Укажите местоположение отверстия (мышью на верхней грани, как показано на рис. 4.41).

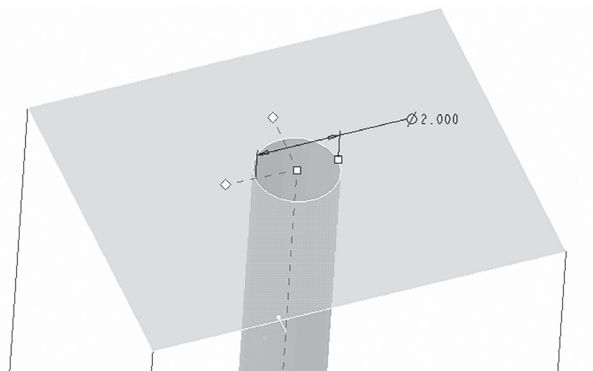


Рис. 4.41. Указание положения отверстия

Шаг 4. Укажите величину смещения отверстия от боковой грани (при помощи мыши, динамически перетаскив одну из свободных привязок до передней грани — рис. 4.42, а).

Шаг 5. Укажите величину смещения отверстия от передней грани (при помощи мыши, динамически перетаскив одну из свободных привязок до боковой грани — рис. 3.42, б).

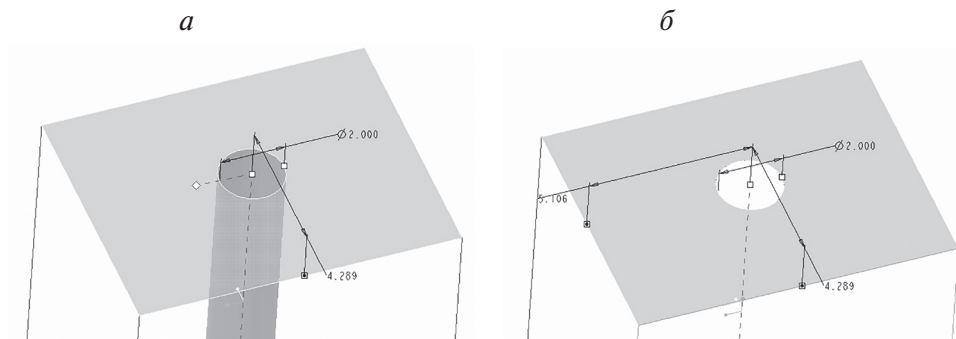


Рис. 4.42. Привязка отверстия к передней (а) и боковой (б) граням

После указания всех необходимых привязок положение отверстия можно динамически менять при помощи технологии DRAG&DROP (выбрать и перетащить).

Шаг 6. Измените положение отверстия в соответствии с рис. 4.43.

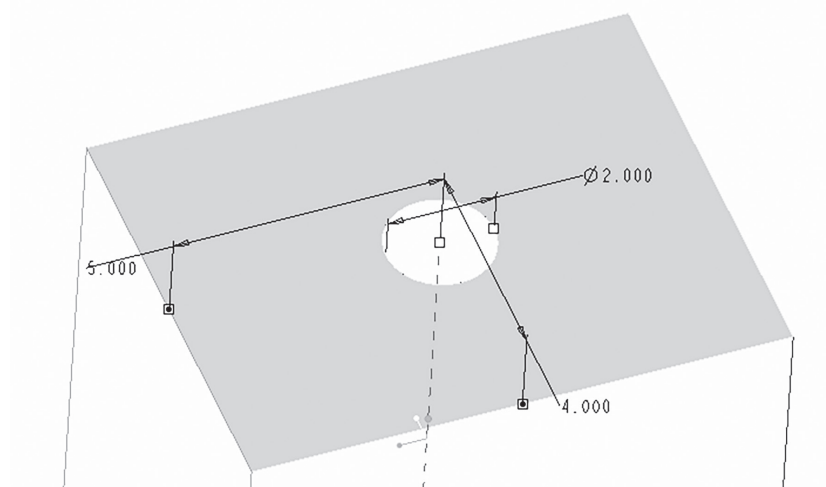


Рис. 4.43. Изменение положения отверстия

*Примечание.* Все параметры, относящиеся к размещению отверстия, автоматически заносятся в меню *Размещение* и могут быть легко отредактированы путем выбора альтернативных привязок (рис. 4.44).

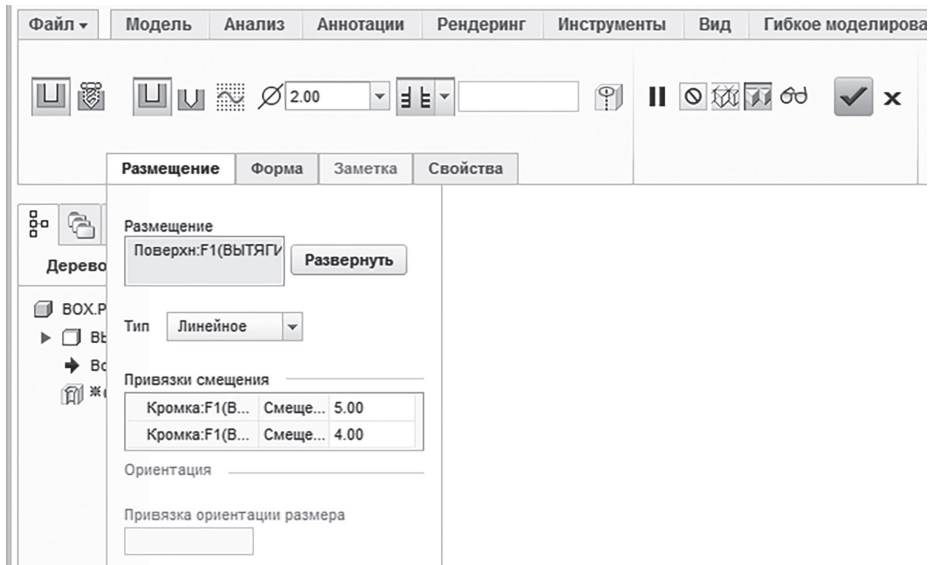



Рис. 4.44. Параметры размещения отверстия в диалоговом окне операции

Шаг 7. Выполните предварительный просмотр результата () , и в случае, если результат удовлетворяет (рис. 4.45)...

Шаг 8. Завершите создание операции (команда **Применить...** ).

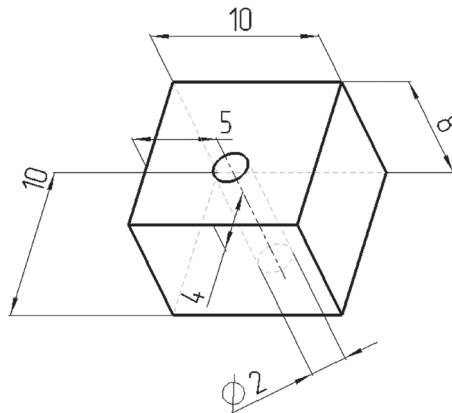

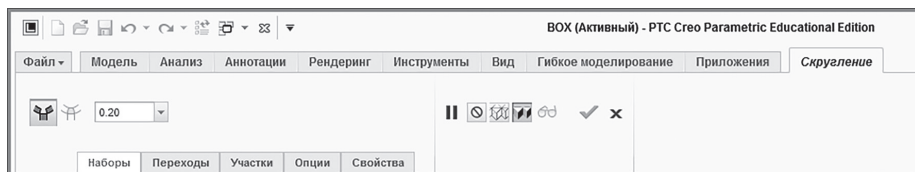


Рис. 4.45. Результат создания отверстия

## Создание скругления

Шаг 1. Выберите операцию создания скругления ( **Скругление**). Откроется диалоговое окно текущей операции (рис. 4.46).

Рис. 4.46. Диалоговое окно операции *Скругление*

Шаг 2. Задайте величину радиуса скругления — 1 мм.

Окно текущей операции будет иметь вид, представленный на рис. 4.47.

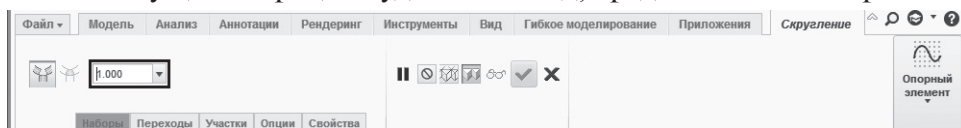


Рис. 4.47. Задание величины радиуса скругления

Шаг 3. Выберите ребра, которые необходимо скруглить (при помощи мыши, в соответствии с рис 4.48). При выборе ребер с нажатой клавишей **Ctrl** будет выбрана цепочка ребер с одинаковым радиусом  $R=1$  (Набор 1).

После указания всех необходимых ребер величину скругления можно динамически менять при помощи технологии DRAG&DROP (выбрать и перетащить), используя привязку (белый маркер) на модели.

При указании каждого конкретного ребра оно будет скруглено своим указанным радиусом ( $R=1$ ) независимо друг от друга (Набор 1, Набор 2, Набор 3, Набор 4), как показано на рис. 4.49. В этом случае впоследствии при редактировании можно назначить различным ребрам разные радиусы скругления.

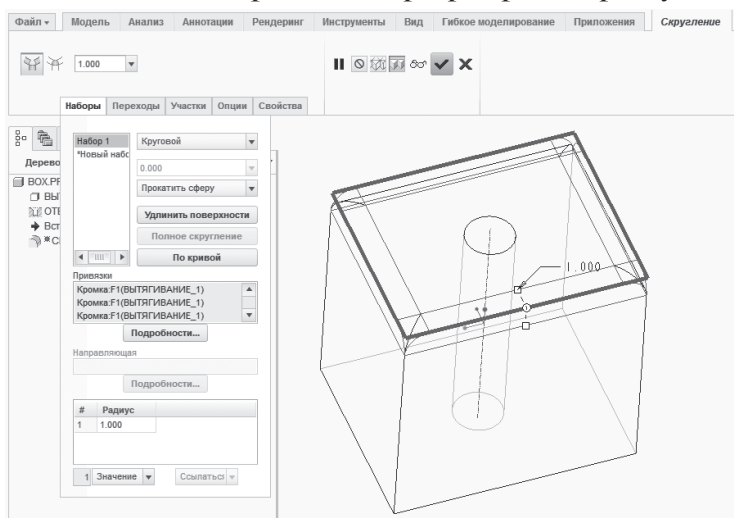


Рис. 4.48. Выбор цепочки ребер



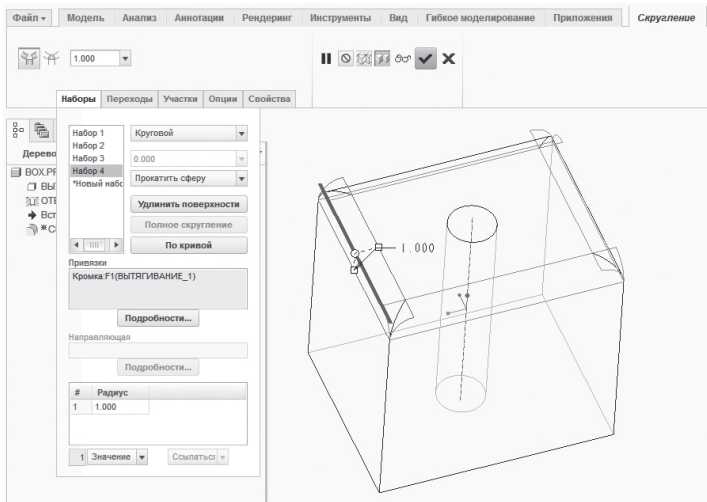



Рис. 4.49. Выбор набора ребер с независимыми значениями радиуса скругления

Шаг 4. Выполните предварительный просмотр результата () , и в случае, если результат удовлетворяет (рис. 4.50)...

Шаг 5. Завершите создание операции (команда **Применить** ).

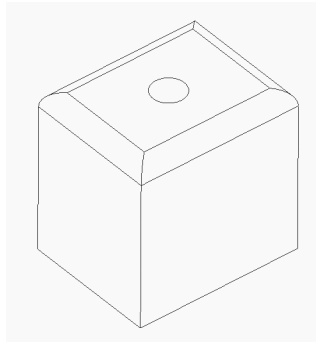



Рис. 4.50. Результат операции скругления

## Создание фаски

Шаг 1. Выберите операцию создания фаски ( **Фаска**). Откроется диалоговое окно текущей операции (рис. 4.51).

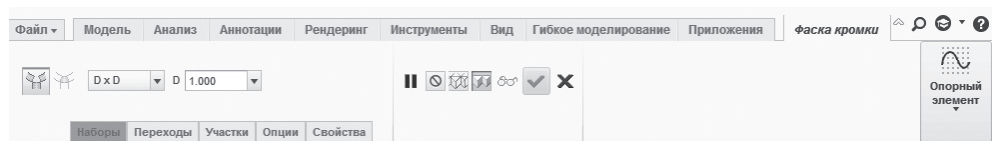


Рис. 4.51. Диалоговое окно операции *Фаска кромки*

Шаг 2. Выберите размерную схему задания фаски:  $45 \times D$  (вместо  $D \times D$ ).

Шаг 3. Задайте величину  $D$  фаски — 0,2. Окно текущей операции будет иметь вид, представленный на рис. 4.52.



Рис. 4.52. Задание размерной схемы и величины фаски

Шаг 4. Выберите кромку созданного отверстия (рис. 4.53).

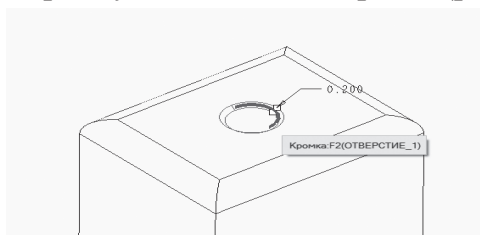



Рис. 4.53. Выбор кромок для фаски

Шаг 5. Выполните предварительный просмотр результата (☒ ) , и в случае, если результат удовлетворяет (рис. 4.54)...

Шаг 6. Завершите создание операции (команда **Применить** ☒ ).

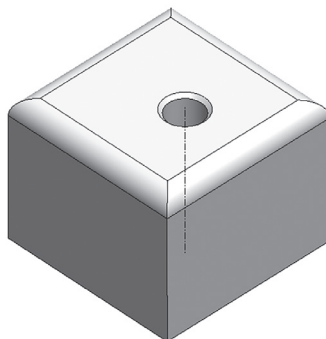



Рис. 4.54. Результат выполнения операции *Фаска*

## 4.8. Создание дополнительных операций, требующих эскизирования

Операции *Вытянуть*, *Вращать* и *Протянуть* являются операциями типа «рисованные», требующими эскизирования. Форма конструктивных элементов этого типа должна быть нарисована. Для этого необходимо выбрать плоскость рисования и плоскость привязки. Первая из этих плоскостей та, на которой располагается эскиз, определяющий контур операции, а вторая — используется для ориентации детали в процессе рисования эскиза.

### Этап 1. Создание паза

Шаг 1. Выберите операцию создания вытягивания ( *Вытянуть*). Откроется диалоговое окно текущей операции (рис. 4.55).

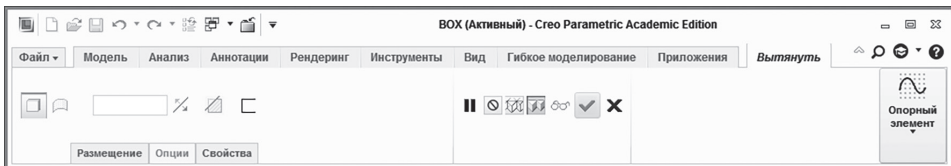


Рис. 4.55. Диалоговое окно операции Вытянуть

Шаг 2. Задайте плоскость эскиза и привязки. Для создания сечения текущей операции выберите **Размещение > Задать** и в диалоговом окне *Эскиз* выберите плоскость для рисования эскиза *Плоскость эскиза* (переднюю поверхность детали, выделенную на рис. 4.56, б) и плоскость для ориентации эскиза *Привязка* (верхнюю поверхность детали, которая закрашена на рис. 4.56, б светлым) с ориентацией Вверх (как показано на рис. 4.56, а).

а б

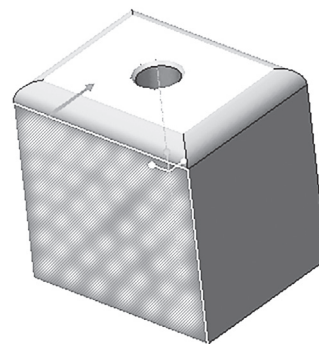
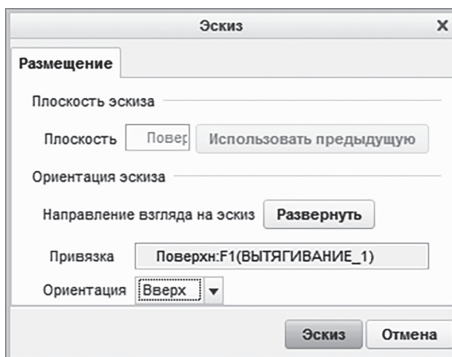



Рис. 4.56. Диалоговое окно *Эскиз* (а) и выбор на модели (б) в операции *Вытянуть*

Шаг 3. Войдите в режим *Эскиз* и создайте эскиз операции. Сначала добавьте ссылочные элементы (все грани и осевая линия) командой **Привязки** (рис. 4.57, а). Привязки обозначены на рис. 4.57, б пунктирными линиями. Затем нарисуйте паз в соответствии с рис. 4.57, б).

Шаг 4. Завершите эскиз командой **Сохранить сечение и выйти** (  ). После этого режим создания эскиза завершится и продолжится работа в режиме *Деталь*, как показано на рис. 4.58.

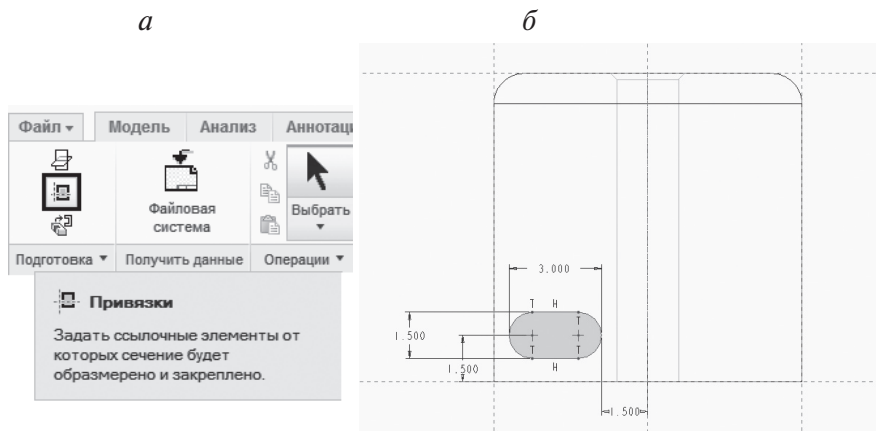


Рис. 4.57. Добавление привязок (а) и эскиз операции Вытянуть (б)

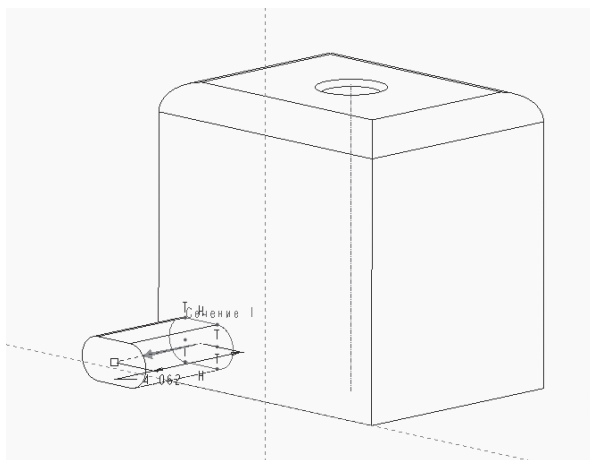





Рис. 4.58. Продолжение операции Вытянуть

Шаг 5. Введите атрибуты операции (рис. 4.59):

- измените направление **Вытягивания...** ;

- установите режим Удаления материала ;
- выберите ограничение глубины паза **Насквозь** .

Окно текущей операции и модель приобретут вид, представленный на рис. 4.59.

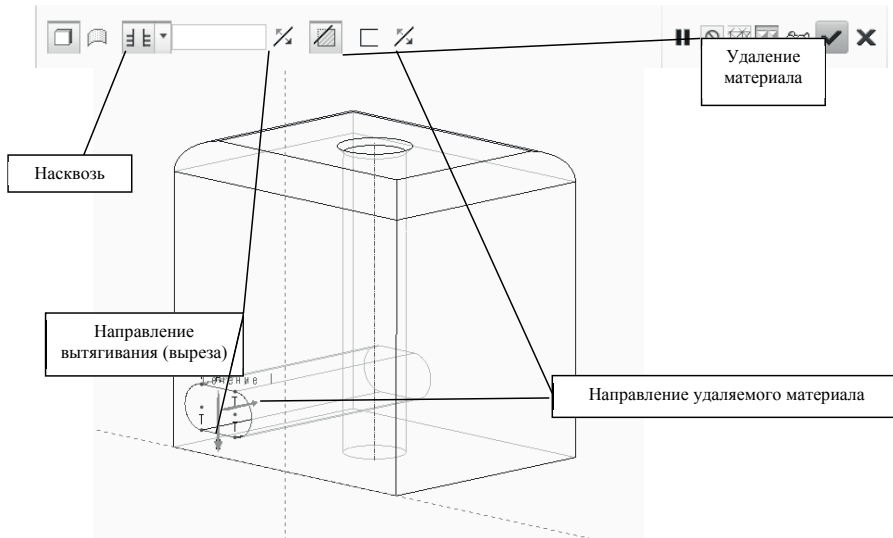




Рис. 4.59. Операция *Вытянуть* с назначенными атрибутами

Шаг 6. Выполните предварительный просмотр результата () , и в случае, если результат удовлетворяет (см. рис. 4.59)...

Шаг 7. Завершите создание операции (команда **Применить** ). Результат операции представлен на рис. 4.60.

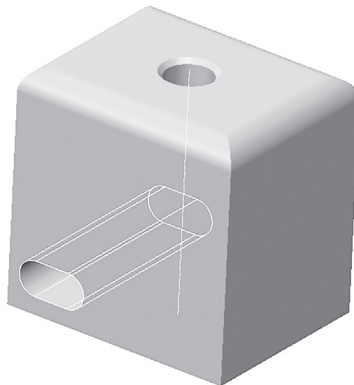


Рис. 4.60. Результат операции *Вытянуть*

## Этап 2. Создание тонкостенного элемента детали

Шаг 1. Выберите операцию создания вытягивания ( **Вытянуть**). Откроется диалоговое окно текущей операции (см. рис. 4.55).

Шаг 2. Задайте плоскость эскиза и привязки. Для создания сечения текущей операции выберите **Размещение > Задать** и в диалоговом окне *Эскиз* выберите плоскость для рисования эскиза *Плоскость эскиза* (боковую поверхность детали, выделенную на рис. 4.61, б черным) и плоскость для ориентации эскиза *Привязка* (верхнюю поверхность детали, выделенную на рис. 4.61, б серым), как показано на рис. 4.61.

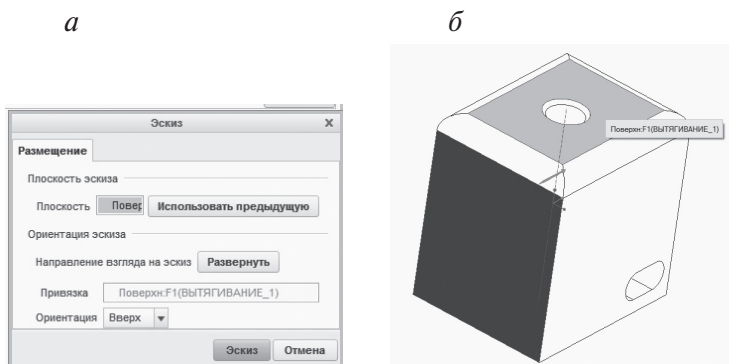


Рис. 4.61. Диалоговое окно Эскиз (а) и выбор на модели (б) в операции Вытянуть

Шаг 3. Войдите в режим Эскиз и создайте эскиз операции. Нарисуйте эскиз в соответствии с рис. 4.62 — окружность диаметром 1,6 мм, расположенную на расстоянии 3 мм от верхней грани. На рис. 4.62 пунктирными линиями показаны линии привязки.

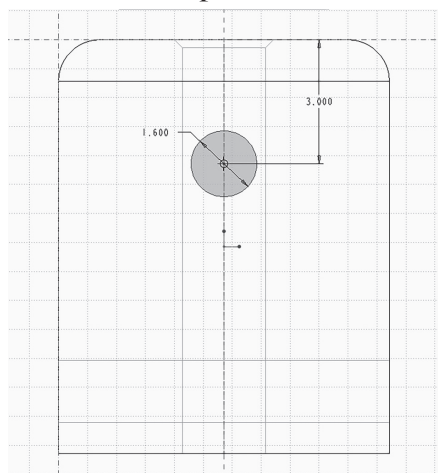




Рис. 4.62. Эскиз тонкостенного элемента

Шаг 4. Завершите эскиз командой **Сохранить сечение и выйти** (  ).  
Примерный вид результата на рис. 4.63.

Шаг 5. Введите атрибуты операции:

- выберите режим использования сечения для создания **тонкостенной геометрии** ;
- задайте толщину тонкостенной геометрии, равную **0,2 мм**;
- задайте глубину выдавливания операции, равную **6 мм**.

Окно текущей операции и модель приобретут вид, представленный на рис. 4.64.

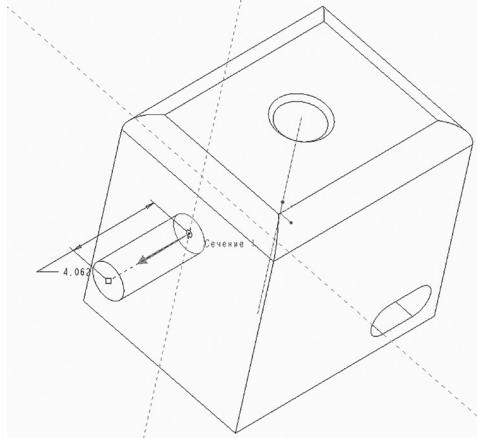


Рис. 4.63. Результат после выхода из эскиза

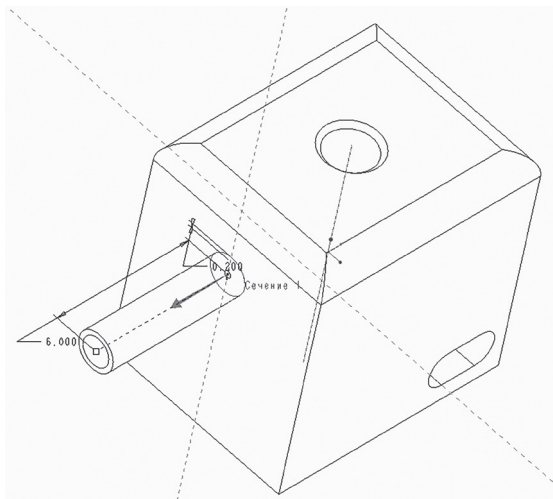



Рис. 4.64. Операция *Вытянуть* с назначенными атрибутами

Шаг 6. Просмотрите предварительный результат () , и в случае, если результат удовлетворяет (рис. 4.65)...

Шаг 7. Завершите создание операции (команда **Применить** ).

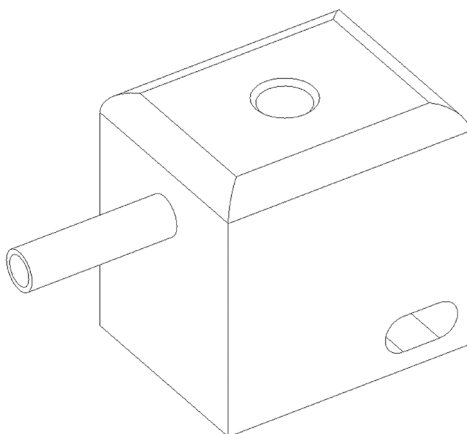


Рис. 4.65. Результат операции по созданию тонкостенного элемента

### Этап 3. Использование вспомогательной геометрии

Добавим в модель еще один элемент, для построения которого нам потребуется вспомогательная геометрия — **Опорная плоскость**.

Обратите внимание на рис. 4.66. На рисунке видно, что размер 2 не определяет полную длину элемента, а указывает только размер выступа торцевой поверхности от фронтальной грани. Это означает, что в качестве плоскости рисования не может быть использована ни одна из граней модели.

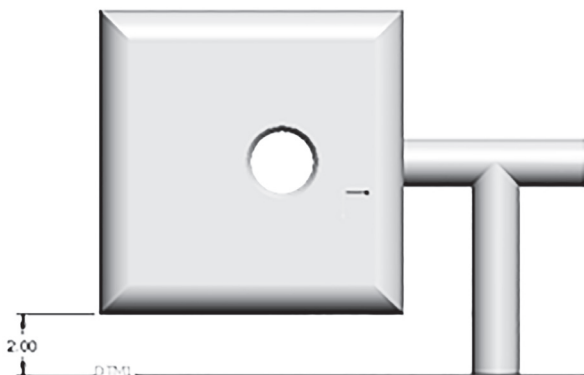



Рис. 4.66. Планируемый результат операции



Шаг 1. Выберите команду создания опорной плоскости (  ). Откроется диалоговое окно *Базовая плоскость* — рис. 4.67, б.

Шаг 2. Задайте привязку. Выберите в качестве **Привязки** грань детали, на отступе от которой необходимо создать опорную плоскость.

Шаг 3. Задайте величину отступа. Укажите смещение **2 мм** от выбранной грани.

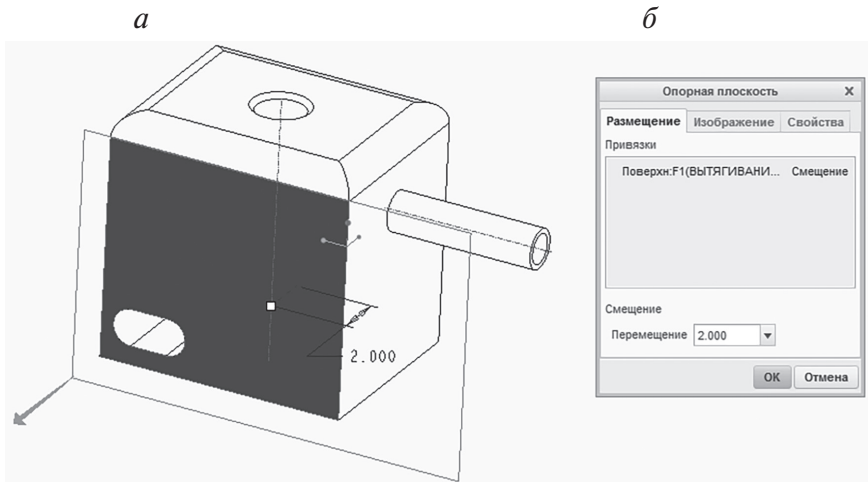



Рис. 4.67. Модель (а) и диалоговое окно *Опорная плоскость* (б)

Шаг 4. Завершите создание Базовой плоскости (кнопка , результат на рис. 4.68).

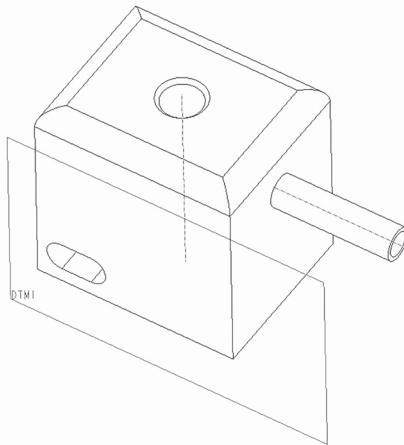


Рис. 4.68. Результат операции по созданию опорной плоскости

*Примечание.* Если вы ошиблись и указали в качестве опорной не ту поверхность, то не следует отменять операцию и повторять ее заново. Вы можете

удалить ошибочную привязку, нажав на ней правой кнопкой мыши и выбрав в контекстном меню пункт **Удалить**. Далее укажите правильную поверхность.

Шаг 5. Выберите операцию создания вытягивания ( **Вытянуть**). Откроется диалоговое окно текущей операции (см. рис. 4.55).

Шаг 6. Задайте плоскость эскиза и привязки (для создания сечения текущей операции выберите **Размещение > Задать** и в диалоговом окне *Эскиз* выберите плоскость для рисования эскиза **Базовая плоскость (DTM1)** и плоскость для ориентации эскиза **Привязка** (верхнюю поверхность детали), как показано на рис. 4.69).

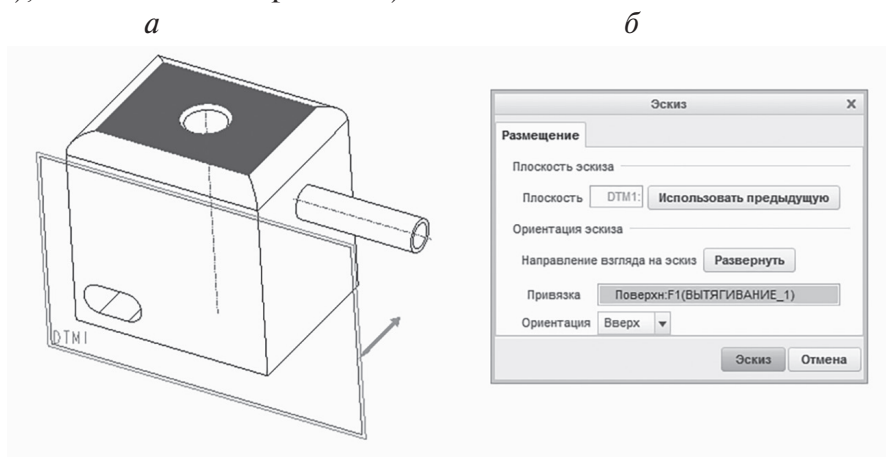


Рис. 4.69. Выбор эскизной и ссылочной плоскостей на модели (а) и диалоговое окно *Эскиз* (б)

Шаг 7. Войдите в режим *Эскиз* и создайте эскиз операции в соответствии с рис. 4.70 (окружность диаметром, равным диаметру тонкостенного элемента, расположена на расстоянии 3 мм от боковой грани).

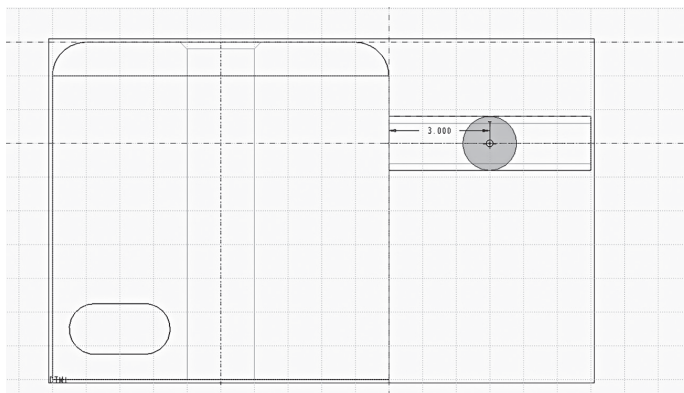




Рис. 4.70. Эскиз операции

Шаг 8. Завершите эскиз командой **Сохранить сечение и выйти** (  ).  
Примерный вид результата — на рис. 4.71.

Шаг 9. Измените направление глубины вытягивания (  в диалоговом окне операции — см. рис. 4.59 — или при помощи мыши, указав курсором на стрелку направления выдавливания и нажав левую клавишу мыши.) Примерный результат — на рис. 4.72.

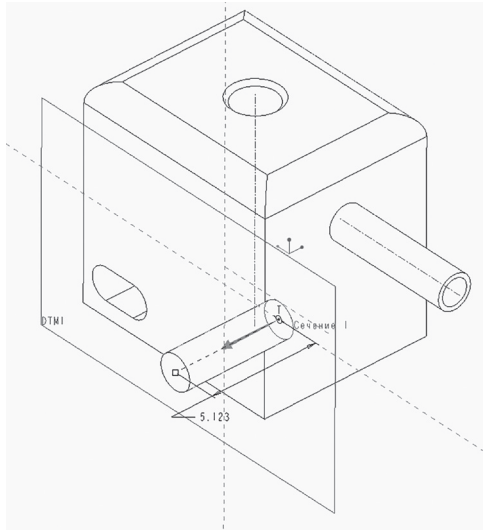


Рис. 4.71. Предварительный результат операции

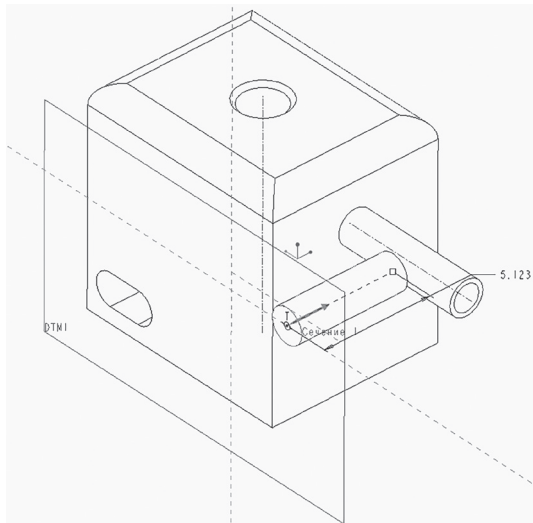



Рис. 4.72. Изменение направления вытягивания

Шаг 10. Выберите ограничения глубины паза (выберите **Вытянуть до следующей поверхности** ). Результат — на рис. 3.73.

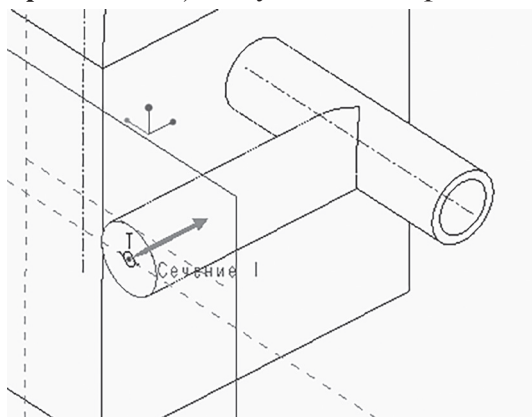




Рис. 4.73. Выбор ограничения глубины —  
Вытянуть до следующей поверхности

Шаг 11. Выполните предварительный просмотр результата () , и в случае, если результат удовлетворяет (рис. 4.74).

Шаг 12. Завершите создание операции (команда **Применить** ).

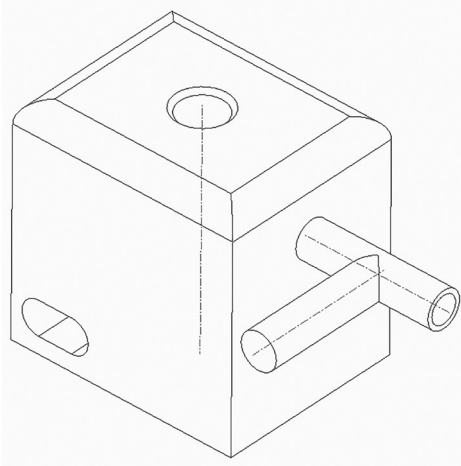

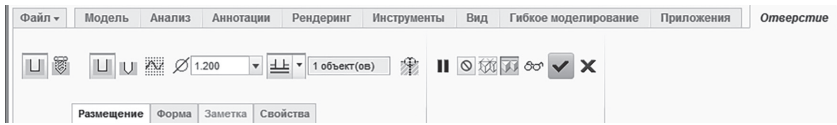


Рис. 4.74. Результат операции

#### Этап 4. Создание соосного отверстия

В качестве последней операции в этой модели создадим отверстие, соосное цилиндрическому элементу предыдущей операции.

Шаг 1. Выберите операцию *Отверстие* (). Откроется диалоговое окно текущей операции (рис. 4.75).

Рис. 4.75. Диалоговое окно операции *Отверстие*

Шаг 2. Укажите местоположение отверстия (мышью указав в качестве привязки ось элемента из предыдущей операции). Предварительный результат показан на рис. 4.76.

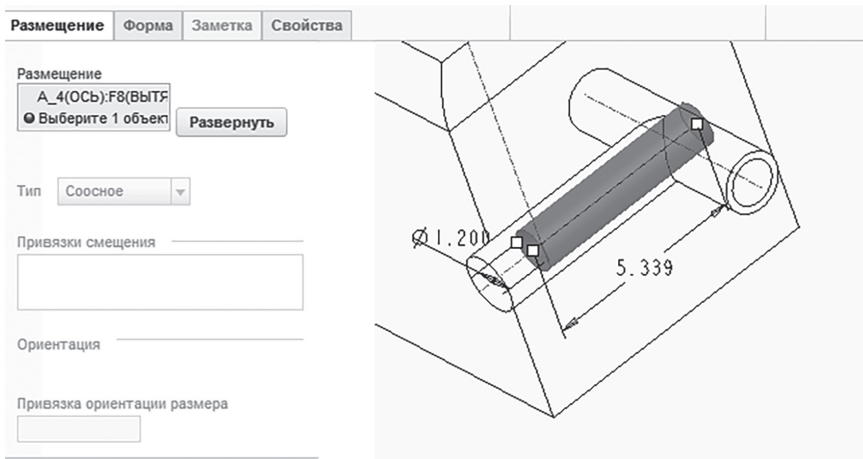


Рис. 4.76. Предварительный результат

Шаг 3. Задайте вторую привязку (при нажатой клавише **Ctrl** укажите торцевую поверхность из предыдущей операции).

Шаг 4. Откройте закладку *Размещение* (рис. 4.77).

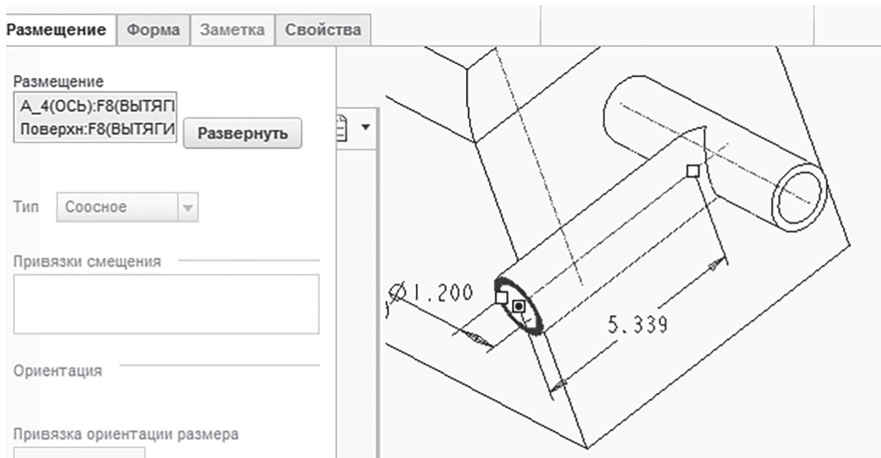



Рис. 4.77. Диалоговое окно операции

В качестве первой основной ссылки уже выбрана ось предыдущей операции (тип — **Соосное**), в качестве второй ссылки выбрана поверхность.

Шаг 5. Введите атрибуты операции:

- задайте диаметр отверстия, равный **1,2 мм**;
- выберите  **Сверлить отверстие до выбранной точки, кривой, поверхности или плоскости.** Далее укажите на внутреннюю поверхность первого цилиндрического выступа в соответствии с рис. 4.78.

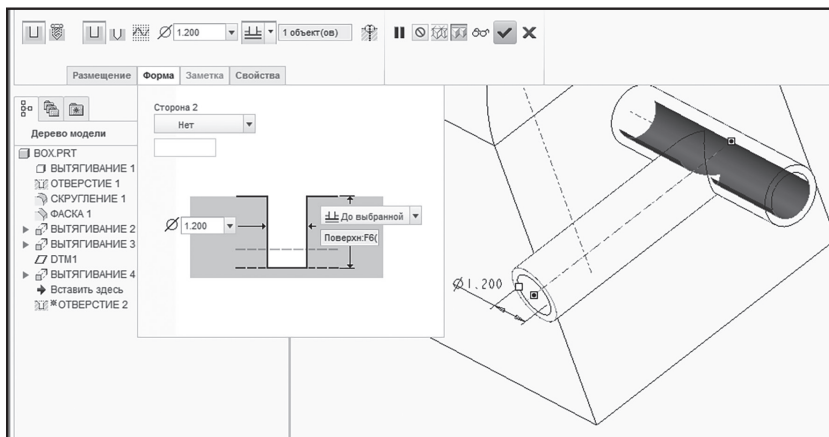



Рис. 4.78. Выбор граничной поверхности

Шаг 6. Выполните предварительный просмотр результата () , и в случае, если результат удовлетворяет (рис. 4.79)...

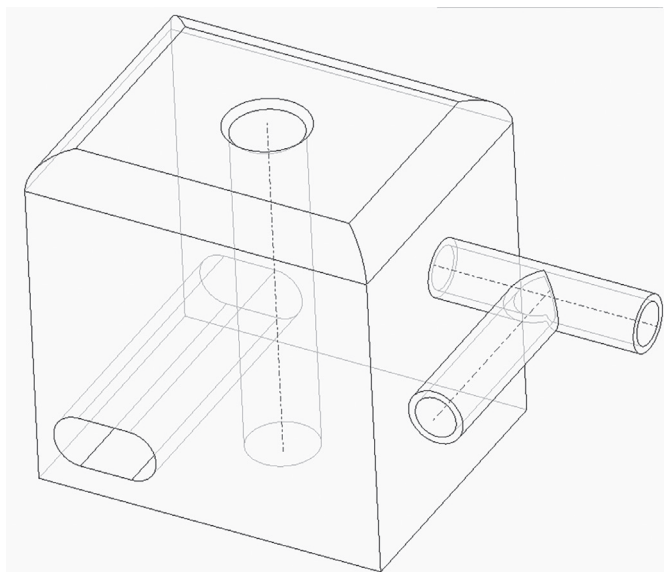


Рис. 4.79. Результат операции

Шаг 7. Завершите создание операции (команда **Применить** ).

## 4.9. Создание модели зажимной скобы

Продолжим отработку техники создания конструктивных элементов на создании модели зажимной скобы, представленной на рис. 4.80. Габаритные размеры детали можно увидеть на рис. 4.81.

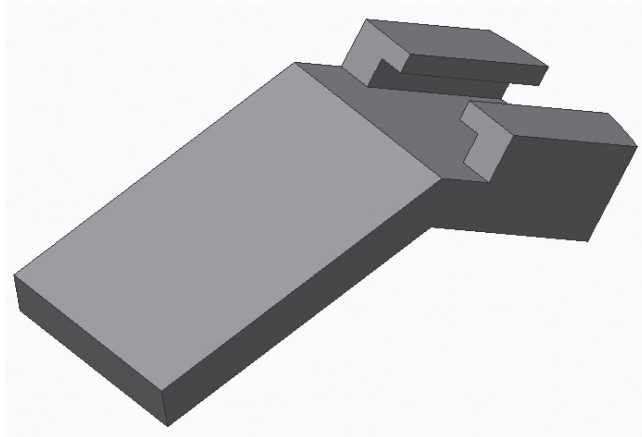


Рис. 4.80. Модель зажимной скобы

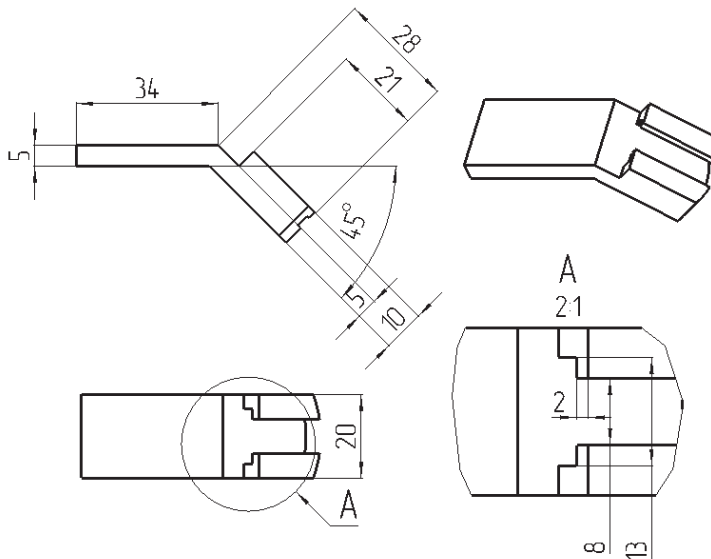
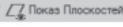




Рис. 4.81. Общий вид и основные размеры зажимной скобы

## Этап 1. Работа с инструментом Вытянуть в рамках добавления материала

Шаг 1. Создайте новую деталь, используя шаблон по умолчанию.

Шаг 2. Дайте файлу имя *Clamp*.

Шаг 3. Включите видимость *Опорных (Базовых) плоскостей* ().

Шаг 4. Выберите операцию *Вытягивание* () с атрибутами: **Твердотельное вытягивание** , **Симметрично**  — рис. 4.82.

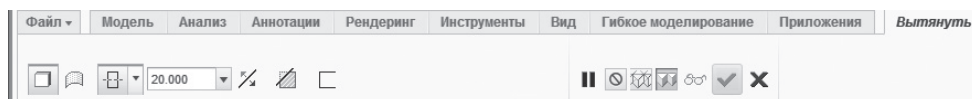



Рис. 4.82. Диалоговое окно операции Вытянуть с назначенными атрибутами

Шаг 5. Задайте эскизную (ФРОНТ) и ссылочную (ПРАВЫЙ) плоскости (*Размещение > Задать*) — рис. 4.83, а — и постройте эскиз (см. рис. 4.83, б).

Завершите создание операции (команда **Применить...** ).

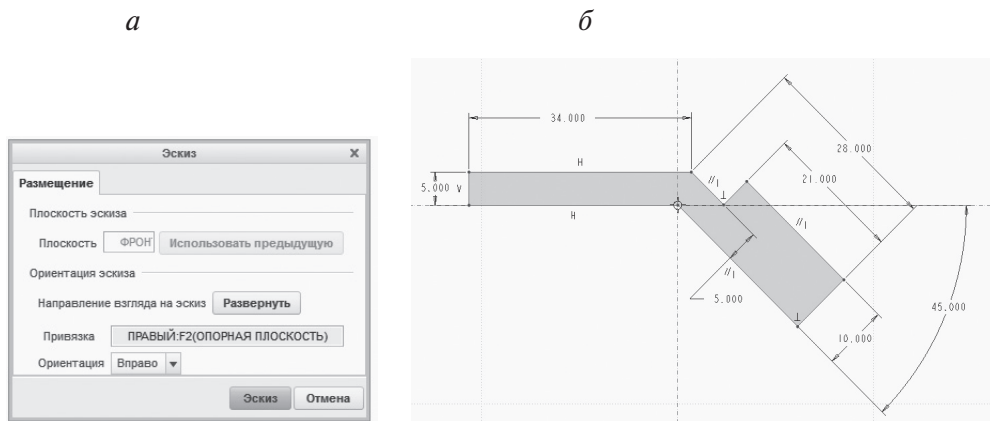



Рис. 4.83. Диалоговое окно (а) и эскиз операции (б)

Шаг 6. Установите глубину вытягивания 20 мм и завершите создание операции (команда **Применить** ). Результат на рис. 4.84.



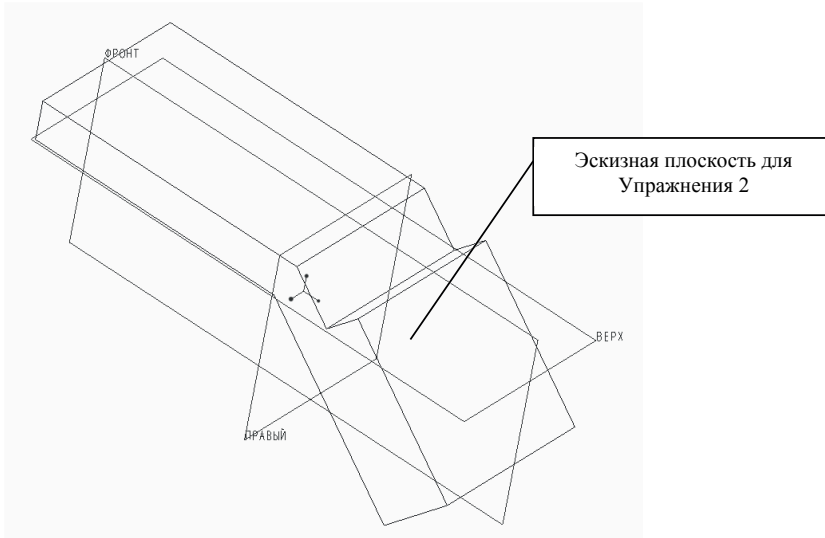
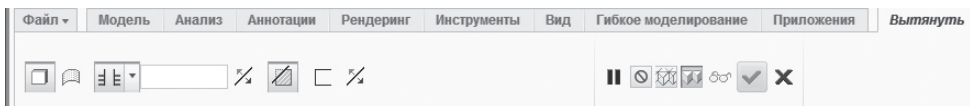


Рис. 4.84. Результат операции Вытягивание

## Этап 2. Работа с инструментом Вытянуть в рамках удаления материала

Шаг 1. Выберите операцию *Вытянуть* (📐) с атрибутами: **Твердотельное вытягивание** (📐), **Насквозь** (≡), **Удаление материала** (🗑️) — рис. 4.85.

Рис. 4.85. Диалоговое окно операции *Вытянуть* с назначенными атрибутами

Шаг 2. Задайте эскизную (см. рис. 4.84) и ссылочную плоскости (**Размещение > Задать**) и нарисуйте эскиз (разомкнутый эскиз выреза — дуга), показанный на рис. 4.86. (Пунктиром показаны линии привязки, которые нужно назначить, используя команду **Привязки** 📏 в панели *Подготовка*).

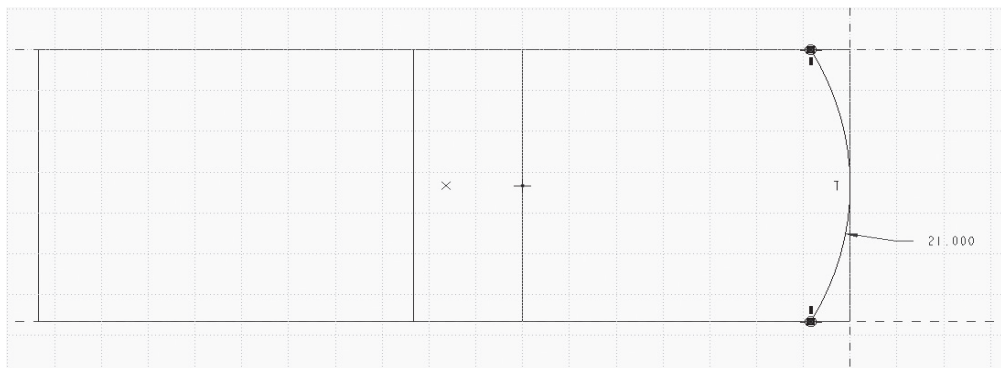


Рис. 4.86. Эскиз операции *Вытянуть*

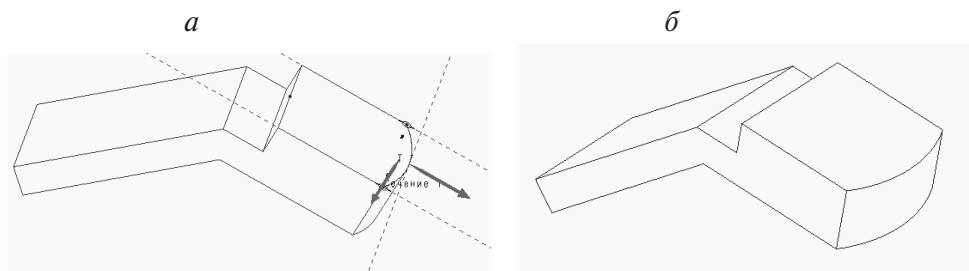








Рис. 4.87. Предварительный просмотр (а) и результат (б) операции *Вытянуть*

Шаг 3. Завершите эскиз командой **Сохранить сечение и выйти** (  ).  
Результат операции на рис. 4.87, б.

Шаг 4. Выберите операцию *Вытянуть* (  ) с атрибутами: **Твердотельное вытягивание** (  ), **До пересечения со всеми поверхностями** (  ), **Удаление материала** (  ).

Шаг 5. **Задайте эскизную и ссылочную** плоскости (**Размещение > Задать**) и нарисуйте эскиз, показанный на рис. 4.88, а. Результат (команда **Применить...** (  )) на рис. 4.88, б.

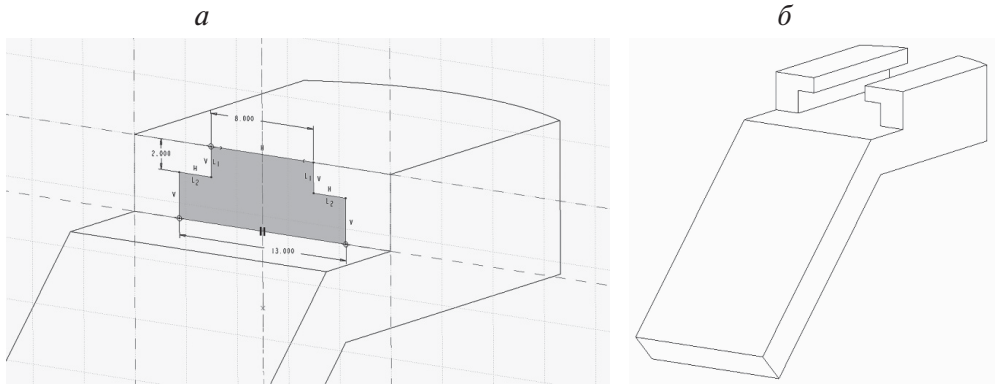


Рис. 4.88. Эскиз (а) и результат (б) операции *Вытянуть*

#### 4.10. Создание модели кронштейна

В данной работе продолжим отработку техники создания конструктивных элементов на создании модели кронштейна, представленной на рис. 4.89. Габаритные размеры детали можно увидеть на рис. 4.90.

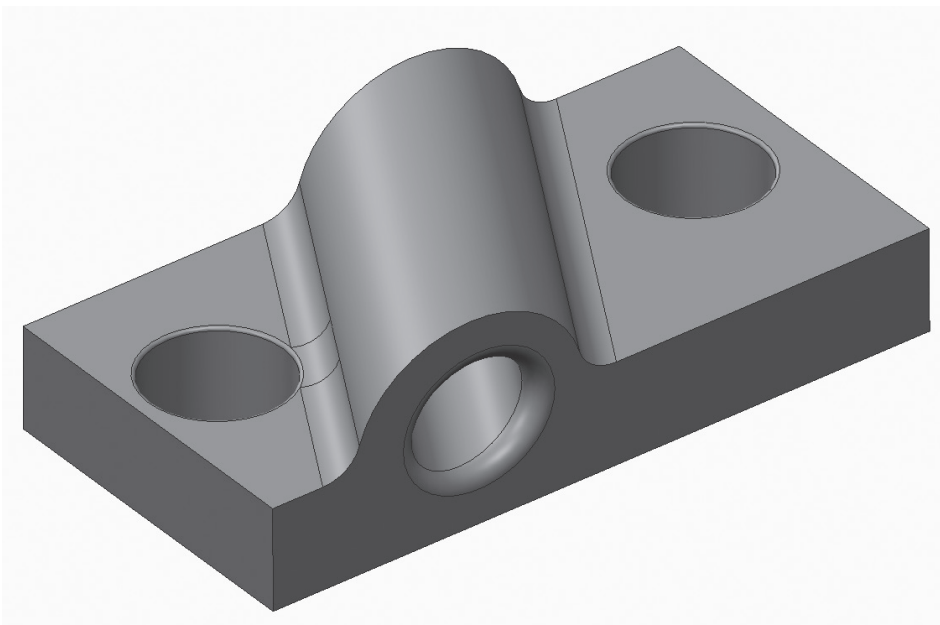


Рис. 4.89. Модель кронштейна

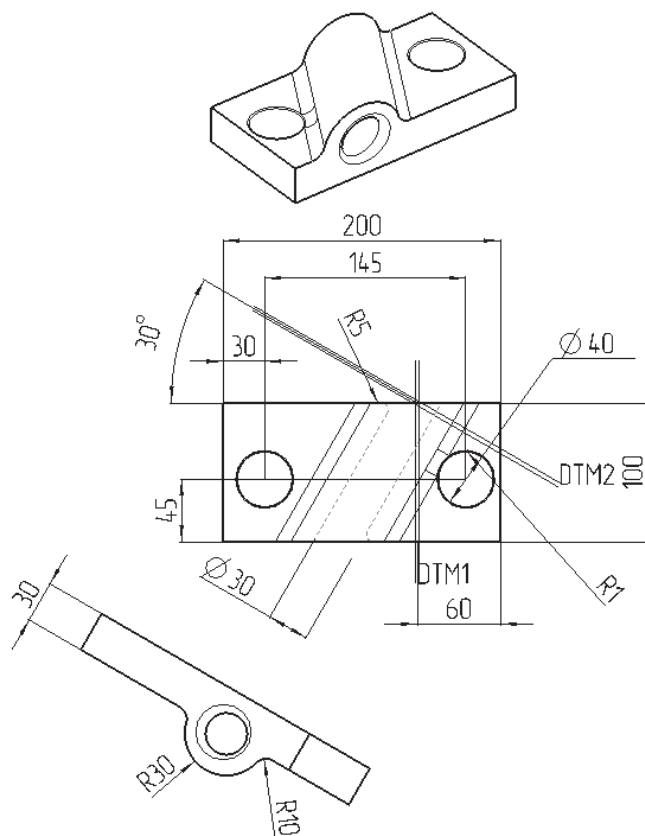


Рис. 4.90. Общий вид и габаритные размеры кронштейна

## Этап 1. Создание дополнительных опорных элементов в рамках Вытягивания

Шаг 1. Создайте новую деталь без использования заранее заготовленных шаблонов (шаблон *Пустой*) (**Файл > Создать > Деталь**).

Шаг 2. Дайте файлу имя **bracket**.

Шаг 3. Выберите операцию **Вытянуть** (📐) с атрибутом **Твердотельное**

**вытягивание** (📐) (рис. 4.91).

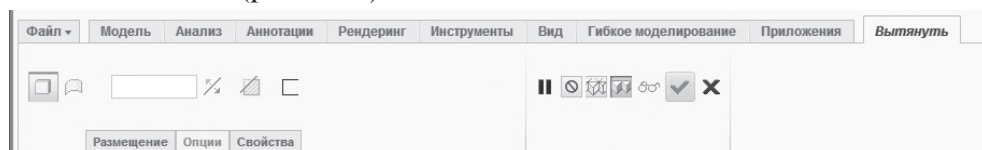


Рис. 4.91. Диалоговое окно операции **Вытянуть**



Шаг 4. Для создания сечения текущей операции перейдите в режим *Эскиз* (выберите **Размещение > Задать**).

Шаг 5. Нарисуйте эскиз (прямоугольник  $200 \times 100$ ), укажите величину выдавливания 30 (рис. 4.92, а). Завершите создание операции (команда

**Применить** ). Результат операции см. на рис. 4.92, б).



Рис. 4.92. Операция *Вытянуть* — атрибуты (а) и результат (б)

Шаг 6. Выберите операцию *Вытянуть* () с атрибутом **Твердотельное вытягивание** .

Шаг 7. Не выходя из операции, постройте **Опорную плоскость** параллельно торцевой грани твердого тела (рис. 4.93, а) со смещением  $-60$  (рис. 4.93, б).

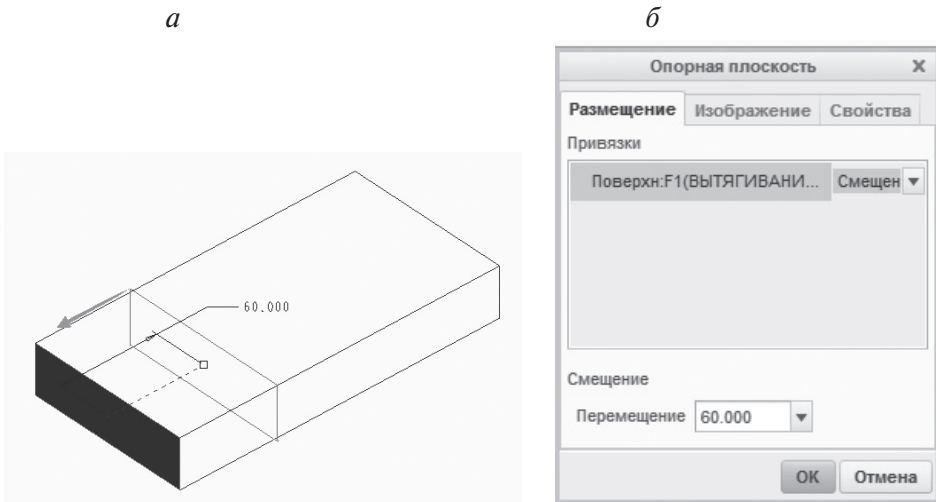



Рис. 4.93. Задание привязки (а) и величины смещения (б) операции *Опорная плоскость*

Шаг 8. Не выходя из операции, создайте **Опорную ось** на пересечении опорной плоскости **DTM1** и боковой грани, как показано на рис. 4.94 (операция *Опорная ось* , выбор плоскости и грани — при нажатой клавише **Ctrl**).

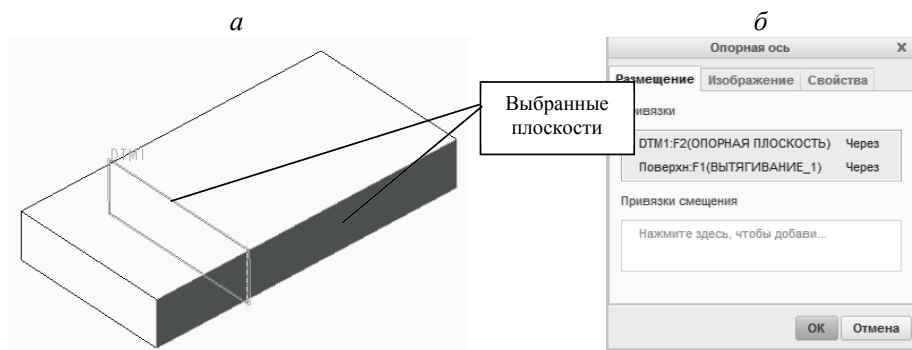


Рис. 4.94. Выбор плоскостей (а) и диалоговое окно (б) операции *Опорная ось*

Шаг 9. Не выходя из операции, постройте **Опорную плоскость**, проходящую через созданную **Опорную ось** и повернутую относительно боковой грани на  $30^\circ$  (рис. 4.95). Процедура идентична описанной на шаге 8: при выделении базовой оси и боковой грани удерживайте клавишу **Ctrl** (при задании угла поворота (**Смещение** на рис. 4.95, б) вводите отрицательное значение  $-30$ ). Созданная плоскость DTM2 является плоскостью для создания эскиза следующей операции.

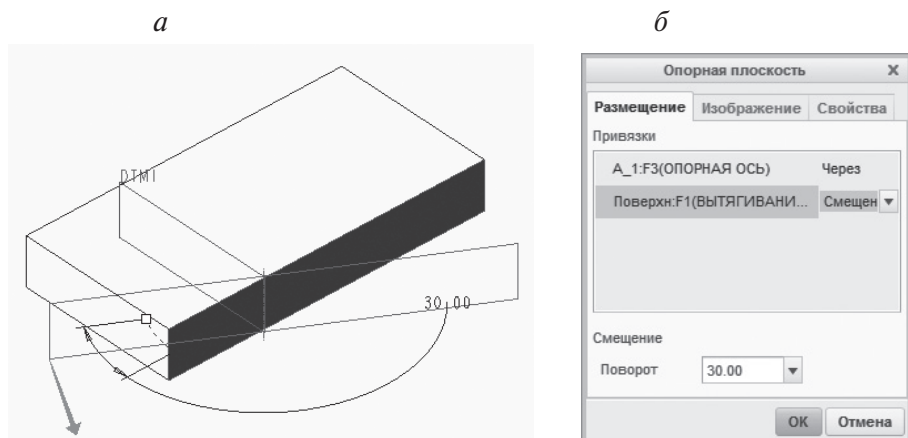


Рис. 4.95. Выбор привязок (а) и диалоговое окно (б) операции *Опорная плоскость*

Шаг 10. Для возврата в операцию *Вытянуть* нажмите **Восстановить...**



Шаг 11. Задайте плоскость построения эскиза (**Размещение** > **Задать**) и постройте замкнутый эскиз, как показано на рис. 4.96.

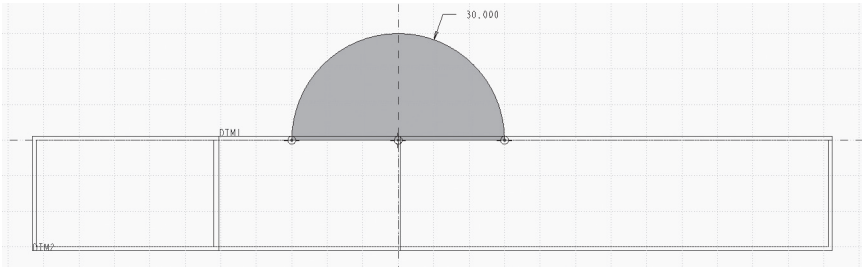




Рис. 4.96. Эскиз операции Вытянуть

Шаг 12. Задайте глубину вытягивания, используя пункт **Опции** диалоговой панели операции *Вытянуть* (рис. 4.97, а). **Сторона 1:**  До выбранной точки, поверхности или плоскости. Указать объект: Укажите переднюю боковую грань параллелепипеда (см. рис. 4.97, б). **Сторона 2:**  До выбранной точки, поверхности или плоскости. Указать объект: Укажите заднюю боковую грань параллелепипеда (см. рис. 4.97, б). Для удобства выбора можно вращать параллелепипед.

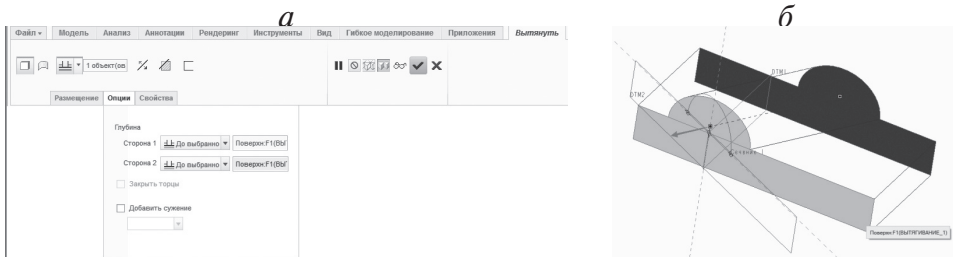

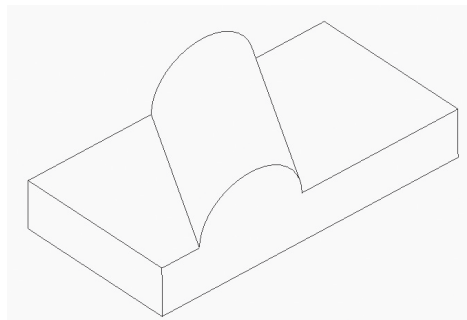


Рис. 4.97. Задание ограничивающих поверхностей в диалоговой панели (а) и отображение выбора в модели (б)

Шаг 13. Завершите операцию (команда **Применить** ). Результат на рис. 4.98.

Рис. 4.98. Результат операции *Вытянуть*

Поскольку опорные плоскости **DTM1** и **DTM2**, а также опорная ось **A\_1** создавались внутри операции *Вытянуть*, эти операции образовали автоматическую группу; в дереве модели они представлены в качестве дочерних конструктивных элементов по отношению к операции *Вытягивание 2* (рис. 4.99) и по умолчанию являются скрытыми элементами.

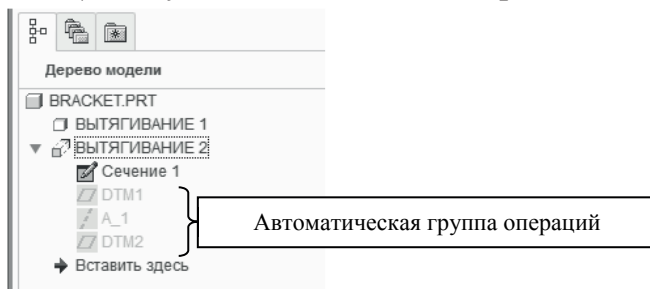


Рис. 4.99. Автоматическая группа операций

## Этап 2. Создание соосного Отверстия

Шаг 1. С помощью мыши, используя технологию DRAG & DROP, переместите автоматическую группу операций вверх по дереву модели на уровень, предшествующий операции *Вытягивание 2* (рис. 4.100, а).

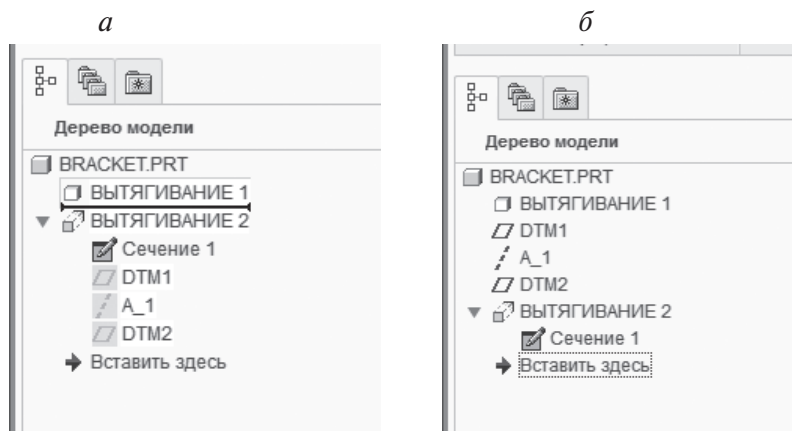


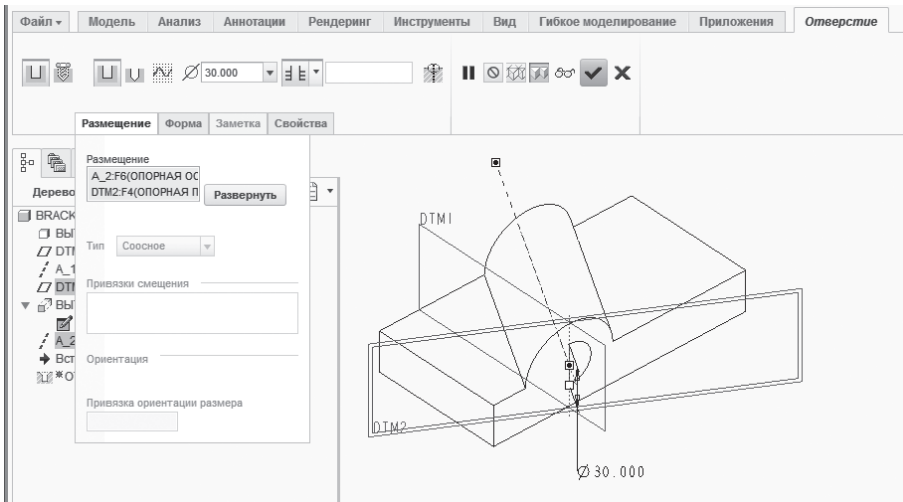
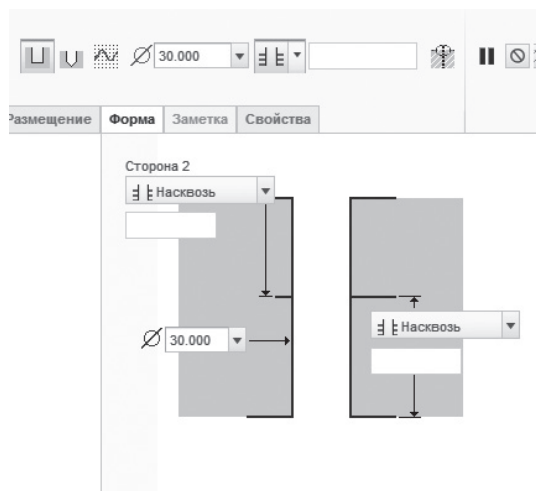


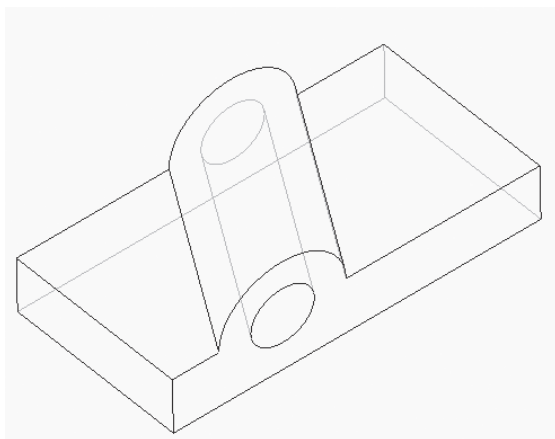
Рис. 4.100. Перенос автоматической группы операций (а) и его результат (б)

Обратите внимание на изменения в дереве модели: опорные плоскости **DTM1** и **DTM2**, а также опорная ось **A\_1** стали видимыми в дереве модели и на самой модели (сравните рис. 4.99 и рис. 4.100, б). Теперь их можно использовать в дальнейших построениях.






Шаг 2. Создайте соосное отверстие, как показано на рис. 4.101. Сначала следует построить вспомогательную опорную ось в цилиндрической части кронштейна. Для этого необходимо запустить выполнение операции *Опорная ось* и указать на цилиндрическую часть кронштейна. Затем запустите операцию *Отверстие* . Атрибуты размещения показаны на рис. 4.101 (используйте клавишу **Ctrl** при назначении привязок), атрибуты формы — на рис. 4.102, результат операции — на рис. 4.103 (используйте команду **Применить**  для завершения создания текущей операции).

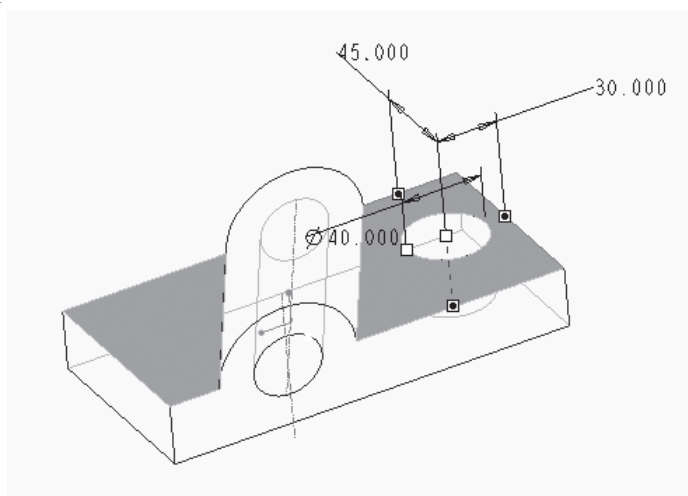
Рис. 4.101. Атрибуты размещения операции *Отверстие*Рис. 4.102. Атрибуты формы операции *Отверстие*

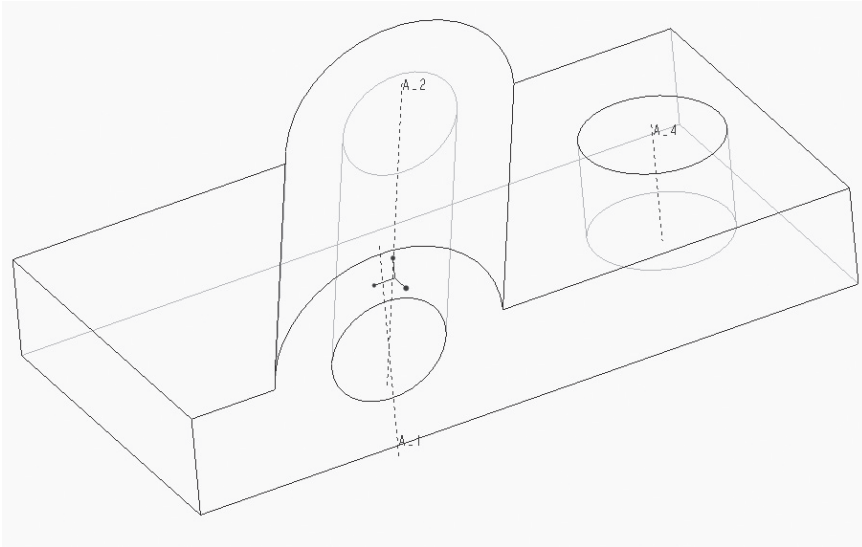
Рис. 4.103. Результат операции *Отверстие*

### Этап 3. Создание отверстия со смещением от выбранных привязок

Шаг 1. Выберите операцию *Отверстие*  с атрибутами **Линейное**; **Насквозь** . Привязки и величины смещения на рис. 4.104.

Шаг 2. Завершите создание **Отверстия** командой **Применить** . Результат — рис. 4.105.

Рис. 4.104. Атрибуты операции *Отверстие*

Рис. 4.105. Результат операции *Отверстие*

## Этап 4. Создание Скругления

Шаг 1. Установите фильтр отображения (в правом нижнем углу окна Creo Parametric) в режим *Геометрия* (рис. 4.106).

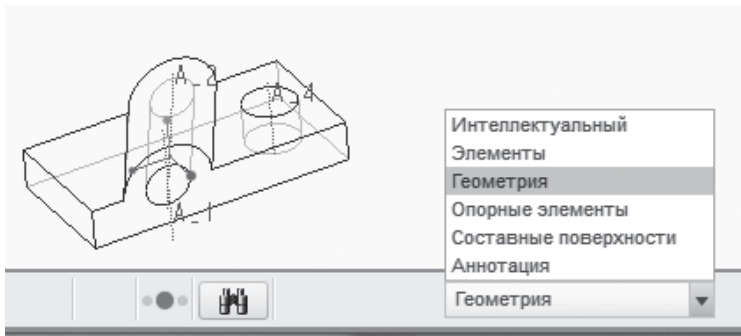



Рис. 4.106. Смена фильтра отображения

Шаг 2. Выполните операцию *Скругление*  в соответствии с параметрами, заданными на рис. 4.107.

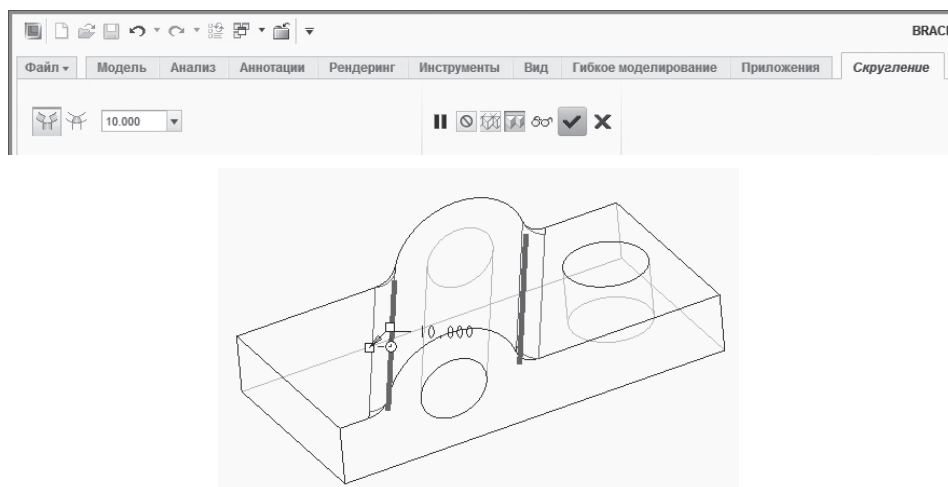


Рис. 4.107. Задание атрибутов операции *Скругление*

Шаг 3. Завершите создание *Скругление* командой **Применить** . Результат — рис. 4.108.

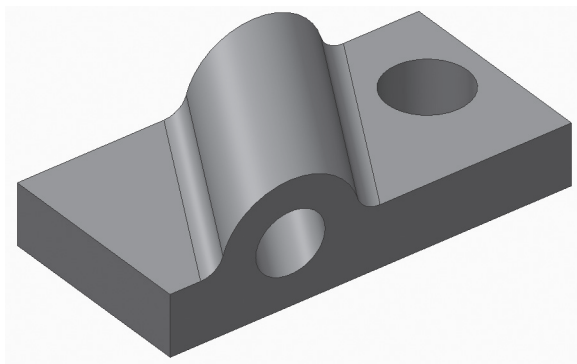



Рис. 4.108. Результат операции *Скругление*

Шаг 4. Восстановите значение фильтра в режим *Интеллектуальный* (см. шаг 1 настоящего упражнения).

### Этап 5. Создание нескольких скруглений в пределах одной операции *Скругление*

Шаг 1. Выполните операцию *Скругления*  в соответствии с параметрами, заданными на рис. 4.109. (При создании набора удерживайте клавишу **Ctrl**).

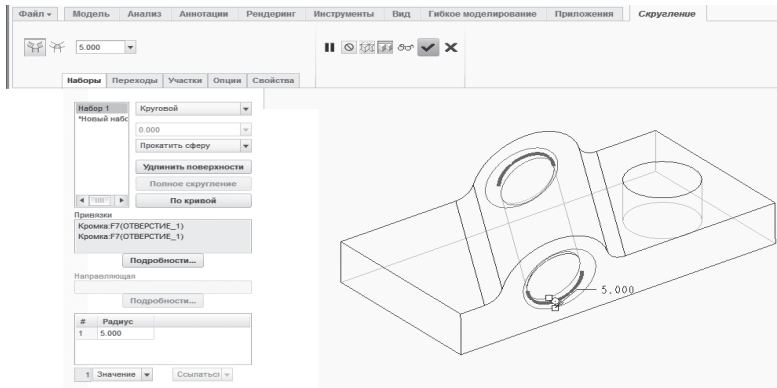



Рис. 4.109. Создание первого набора скруглений

Шаг 2. Создайте второй набор *Скруглений*  в соответствии с параметрами, заданными на рис. 4.110. (При создании набора производите выбор без удержания клавиши **Ctrl**).

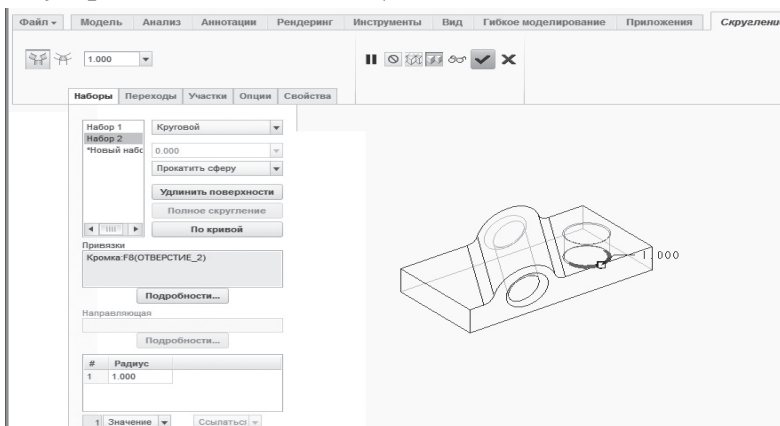
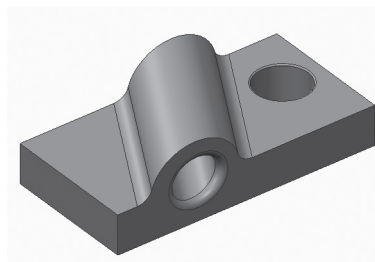


Рис. 4.110. Создание второго набора скруглений

Шаг 3. Завершите операцию *Скругление* командой **Применить** . Результат показан на рис. 4.111.

Рис. 4.111. Результат операции *Скругление*

## Этап 6. Создание линейного Массива отверстий

Шаг 1. Выберите элемент массива — отверстие (рис. 4.112). Для создания массива элемент должен быть выбран до начала операции *Массив*.

Шаг 2. Начните создание операции *Массив*  — см. рис. 4.112.

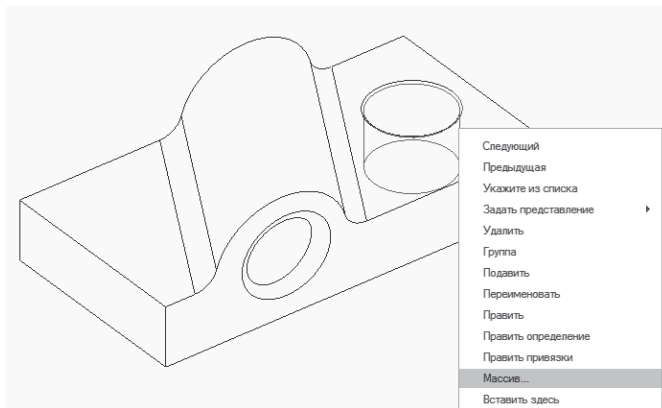


Рис. 4.112. Начало создания *Массива*

Шаг 3. Выберите управляющий размер (30) и введите величину приращения, равную 145 мм (рис. 4.113) (меню *Размеры*, поле *Приращение*).

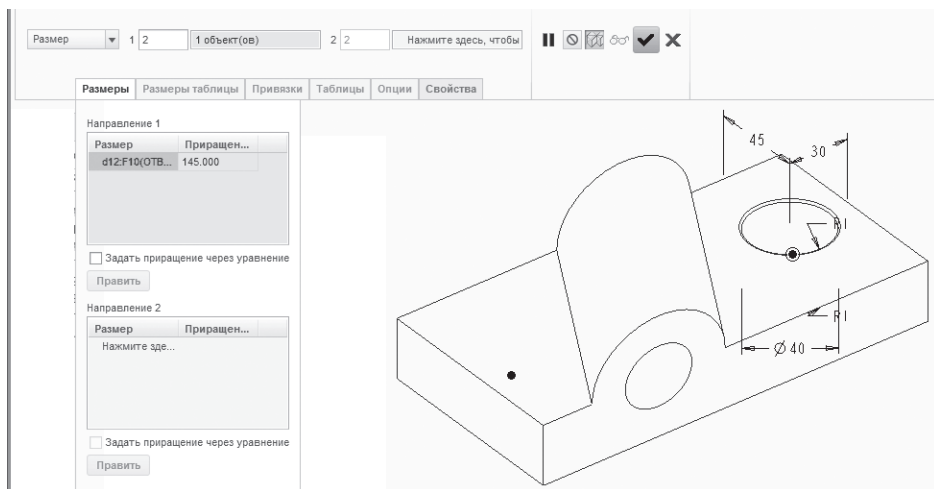


Рис. 4.113. Атрибуты массива

Шаг 4. Завершите создание *Массива* командой **Применить...** . Результат –рис. 4.114.

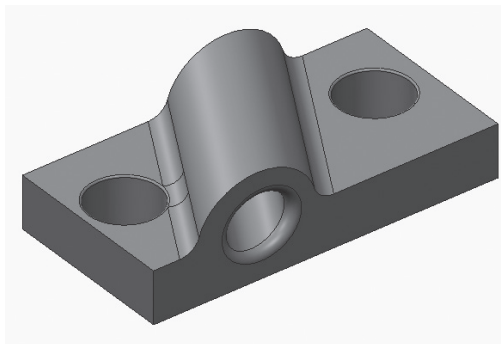


Рис. 4.114. Результат создания *Массива*

## 4.11. Создание модели опоры

В данной работе продолжим отработку техники создания конструктивных элементов на создании модели опоры, представленной на рис. 4.115. Габаритные размеры детали можно увидеть на рис. 4.116.

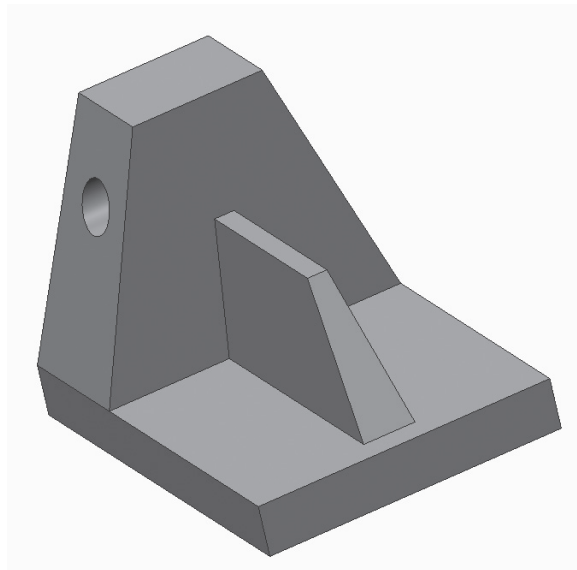


Рис. 4.115. Модель опоры

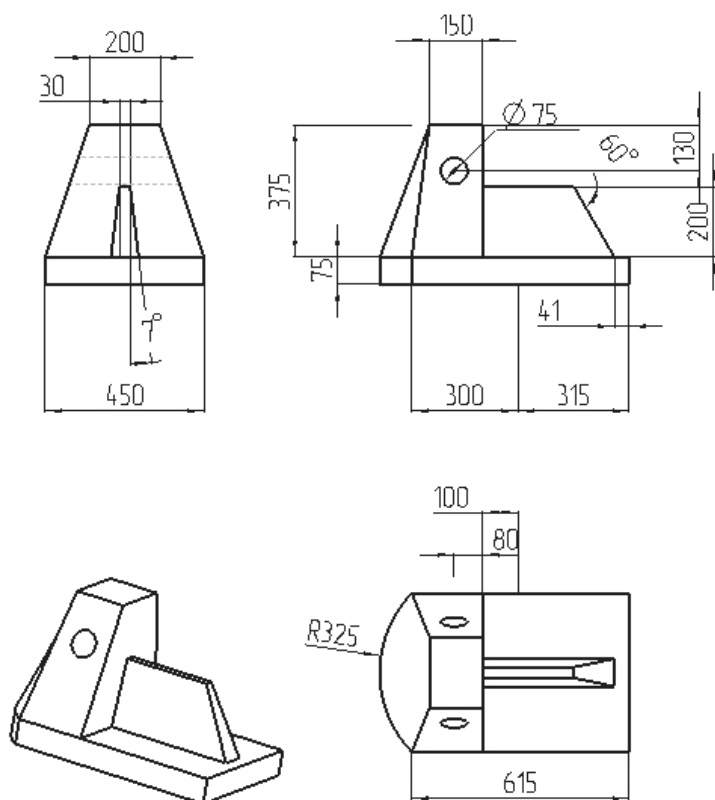




Рис. 4.116. Общий вид и габаритные размеры модели опоры

### Этап 1. Создание сопряжения от одного сечения к другому с помощью операции **Сопрячь**


Шаг 1. Создайте новую деталь без использования заранее заготовленных шаблонов (шаблон *Пустой*) (**Файл > Создать > Деталь**).

Шаг 2. Дайте файлу имя **support**.

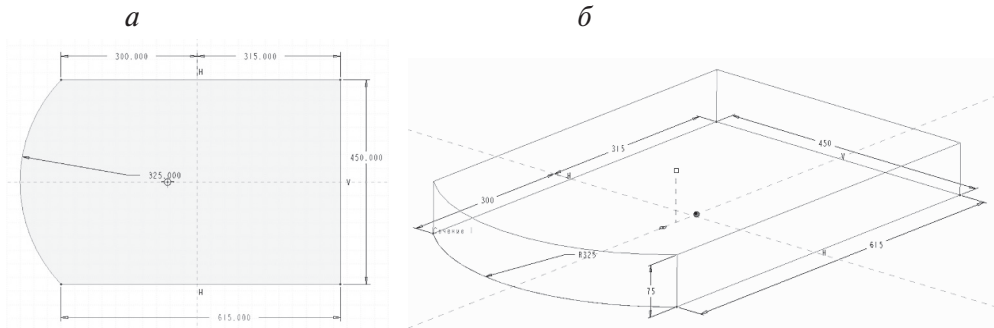
Шаг 3. Создайте базовые плоскости (команда **Базовая плоскость** .

Шаг 4. Запустите операцию **Вытянуть**  в режиме твердотельного вытягивания (.

Шаг 5. Создайте эскиз операции, как показано на рис. 3.117, а, и выполните операцию вытягивания на глубину 75 мм в соответствии с рис. 3.117, б (**Размещение > Задать**).

Шаг 6. Завершите операцию командой **Применить...** .



Рис. 4.117. Эскиз (а) и результат (б) операции *Вытянуть*

Шаг 7. Запустите команду **Создать сопряжение** (**Формы > Сопрячь**), как показано на рис. 4.118.

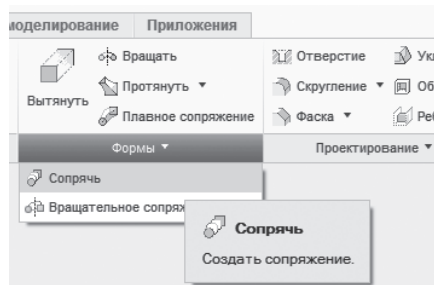
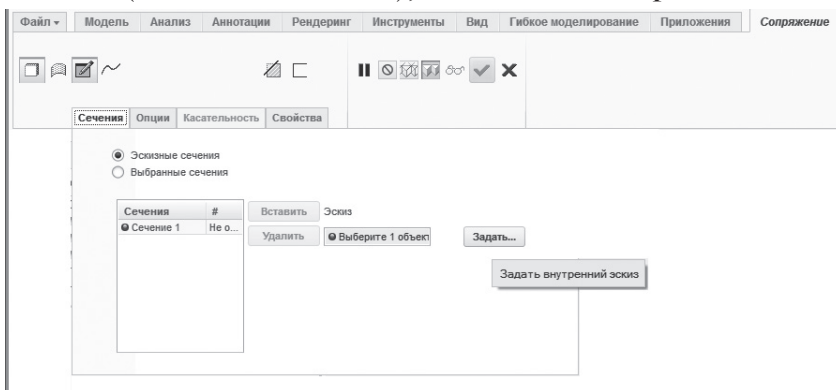


Рис. 4.118. Запуск команды Создать сопряжение

Шаг 8. В диалоговом окне *Сопряжение* запустите опцию *Задать внутренний эскиз* (**Сечения > Задать...**), как показано на рис. 4.119.

Рис. 4.119. Запуск опции *Задать внутренний эскиз*

Шаг 9. Выбрать плоскость рисования эскиза. Для этого в окне *Эскиз* щелкнуть в области *Плоскость* и затем указать на верхнюю грань твердо-

тельной модели (рис. 4.120 — плоскость построения эскиза). Подтвердить или изменить на противоположное предложенное направление (выполнить, как показано на рис. 4.120 — положительное направление плоскости эскиза). Выполнить ориентацию плоскости в пространстве, выбрав в области ориентации привязки опцию *Вниз* (см. рис. 4.120) и указав на грань, показанную выделенной на рис. 4.120 — плоскость привязки). Завершите выбор плоскостей нажатием кнопки **Эскиз**.

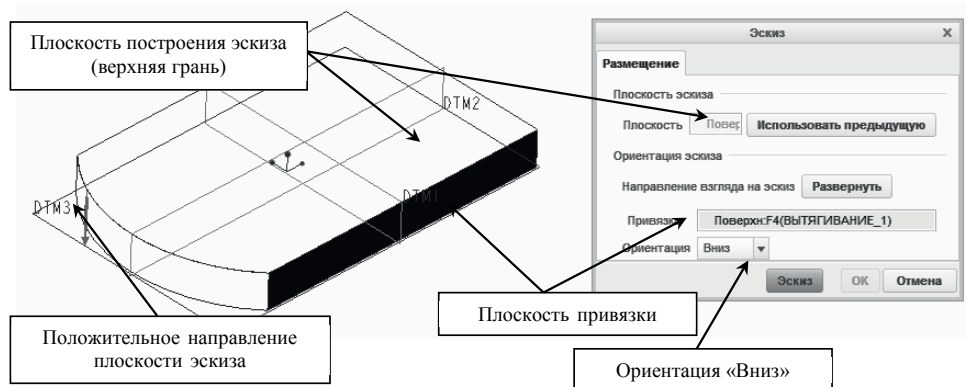


Рис. 4.120. Задание эскизной и ссылочной плоскостей

Шаг 10. Установите необходимые привязки (кнопка **Привязки** в панели *Подготовка*), как показано на рис. 4.121 (пунктирные линии), и нарисуйте первое сечение операции. Начинайте построение сечения из верхней левой точки, из которой выходит стрелка (рис. 4.121). Используйте при построении установленные привязки. После установки размера завершите создание первого сечения кнопкой завершения эскиза



Рис. 4.121. Построение первого сечения

Шаг 11. В диалоговом окне *Сопряжение* задайте для Сечения 2 величину смещения от Сечения 1, равную **375 мм** (рис. 4.122, *а*). Начинайте построение Сечения 2 нажатием кнопки **Эскиз...** (рис. 4.122, *а*). При построении Сечения 2 (рис. 4.122, *б*) не забывайте про привязки (показаны пунктирными линиями на рис. 4.122, *б*).

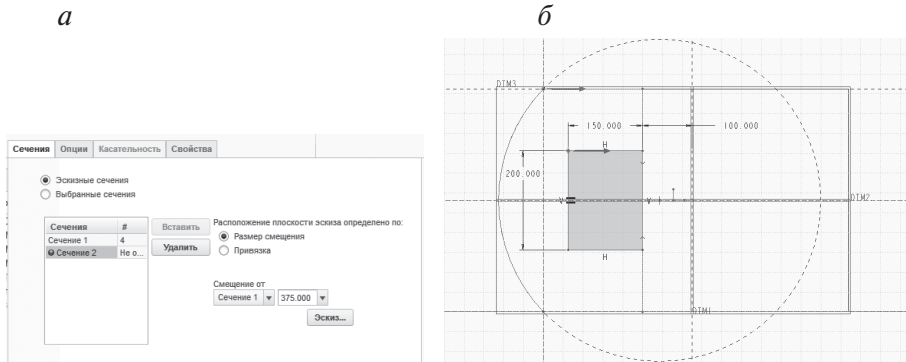




Рис. 4.122. Задание величины смещения (*а*) для Сечения 2 (*б*)

Шаг 12. После установки ограничений и размеров завершите создание второго сечения кнопкой завершения эскиза . Завершите операцию *Сопряжение* кнопкой **Применить** . Результат операции — на рис. 4.123.

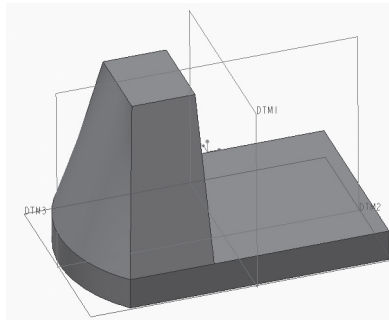




Рис. 4.123. Результат операции *Сопряжение*

## Этап 2. Создание Отверстия со смещением от выбранных плоскостей

Шаг 1. Выберите операцию *Отверстие*  с атрибутами **Линейное**; **Насквозь** . Привязки и величины смещения на рис. 4.124, атрибуты — на рис. 4.125, *а*.

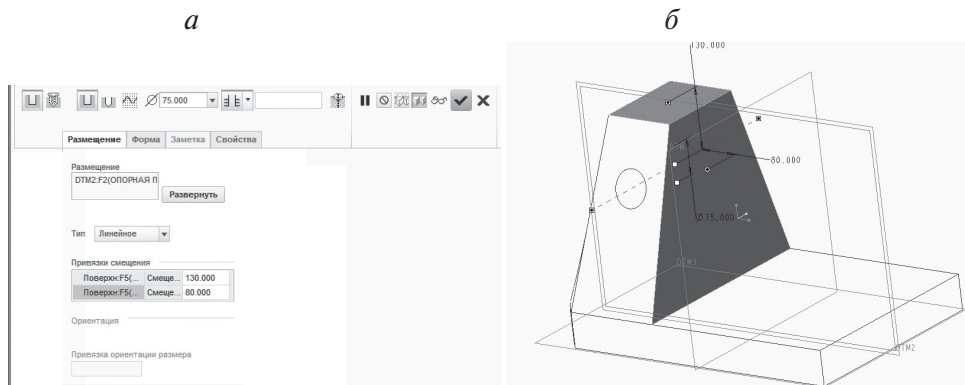


Рис. 4.124. Привязки и смещения операции *Отверстие* в пункте Размещение диалоговой панели операции (а) и на модели (б)

Шаг 2. Завершите создание **Отверстия** командой **Применить** . Результат на рис. 4.125, б.

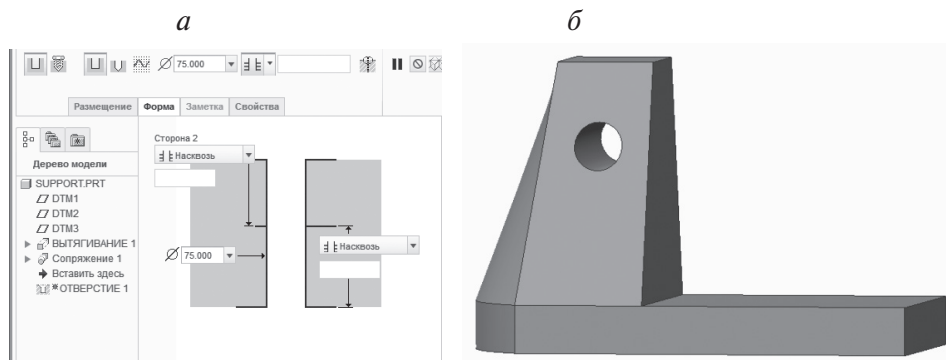


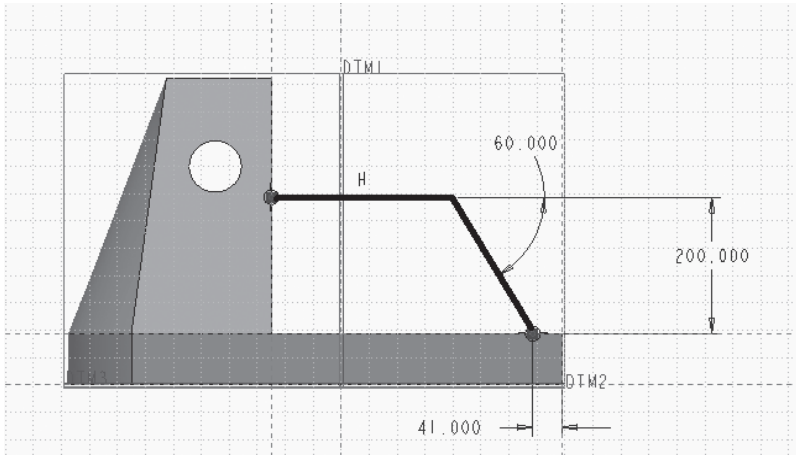
Рис. 4.125. Задание атрибутов операции *Отверстие* в пункте **Форма** диалоговой панели операции (а) и результат операции (б)

### Этап 3. Создание Ребра

Шаг 1. Запустите операцию *Ребро профиля* .

Шаг 2. Задайте положение и привязки для эскизной плоскости (**Привязки > Задать**). (Используйте в качестве плоскости эскиза базовую плоскость, являющуюся плоскостью симметрии модели.)

Шаг 3. Постройте эскиз, показанный на рис. 4.126. (Эскиз контура должен быть не замкнут!).

Рис. 4.126. Эскиз операции *Ребро профиля*

Шаг 4. Установите толщину ребра 30 мм (рис. 4.127, а).

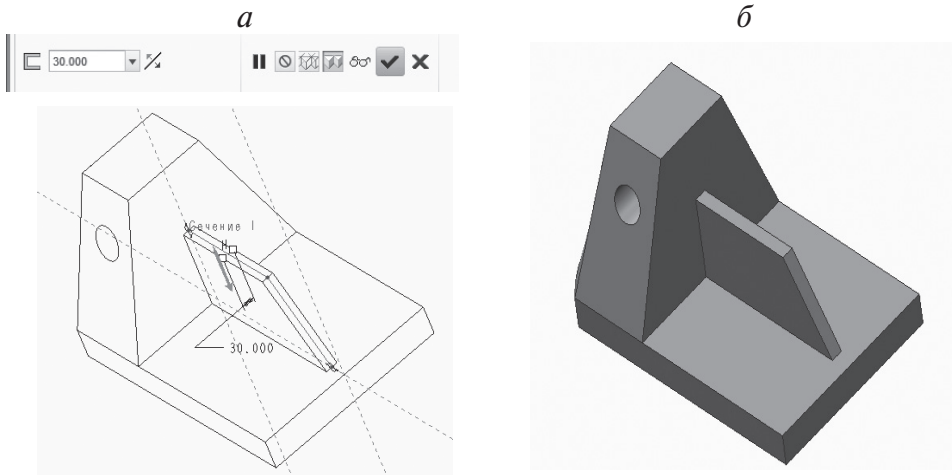



Рис. 4.127. Задание толщины ребра (а) и результат операции (б)

Шаг 5. Завершите создание **Ребра профиля** командой **Применить...** . Результат на рис. 4.127, б).

#### Этап 4. Создание литейного Уклона

Шаг 1. Запустите операцию **Уклон**  (создание литейного уклона).

Шаг 2. Откройте закладку *Привязки* диалоговой панели операции и укажите поверхности уклона, используя клавишу **Ctrl** (рис. 4.128).

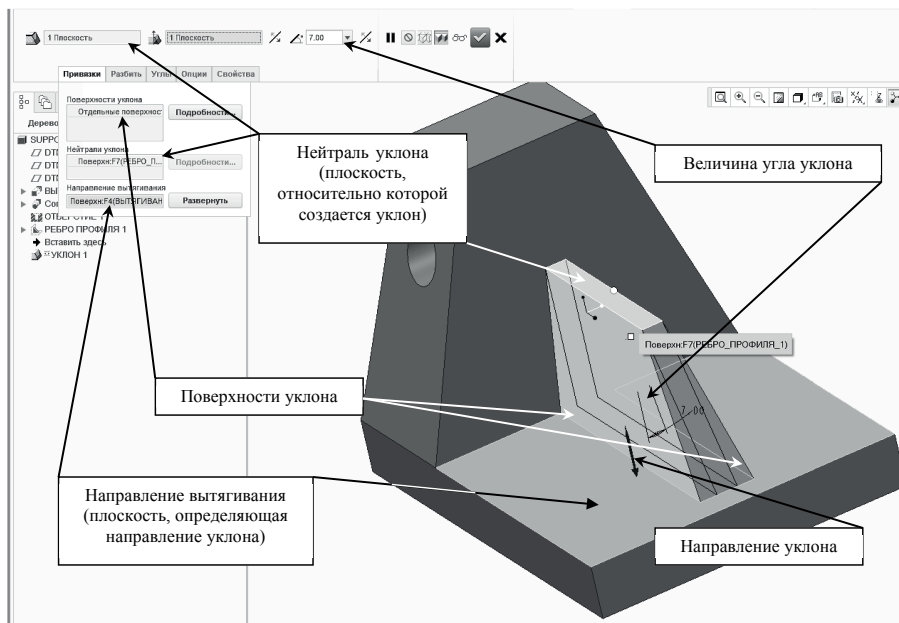



Рис. 4.128. Атрибуты операции *Уклон*

Шаг 3. Укажите нейтраль уклона (плоскость, относительно которой задается уклон) — рис. 4.128. Сначала щелкните мышью в поле *Нейтраль уклона* меню *Привязки*, а затем на грани модели.

Шаг 4. Укажите направление вытягивания по аналогии с шагом 3 (см. рис. 4.128). Измените направление уклона (при необходимости) так, чтобы стрелка направления уклона была направлена вниз (см. рис. 4.128). Задайте величину угла уклона, равную  $7^\circ$  (см. рис. 4.128).

Шаг 5. Завершите создание *Уклона* командой *Применить* . Результат на рис. 4.129.

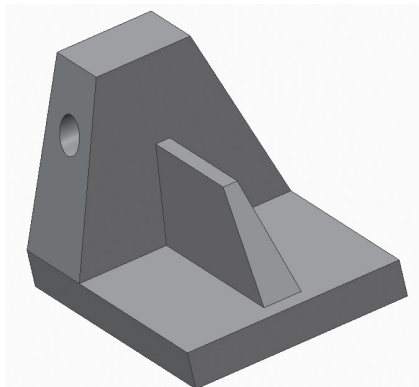


Рис. 4.129. Окончательный вид модели опоры

## Справка по операции Уклон

С помощью элемента уклона добавляется уклон, лежащий в пределах между  $-30^\circ$  и  $+30^\circ$ , к отдельным поверхностям или последовательности поверхностей. Можно задавать уклон только для тех поверхностей, которые образованы табличными цилиндрами или плоскостями. Вы не можете создать уклон для поверхностей со скруглениями по границе кромки. Однако можно сначала создать уклон, а затем скруглить кромки.

Можно создать уклон или для поверхностей твердых тел, или для составных поверхностей, но не для их комбинации. При выборе поверхностей для создания уклонов первая выбранная поверхность определяет тип дополнительных поверхностей, твердого тела или составной поверхности, которые могут быть выбраны для этого элемента.

### 4.12. Создание модели оболочки

В данной работе продолжим отработку техники создания конструктивных элементов на создании модели оболочки, представленной на рис. 4.130. Габаритные размеры детали можно увидеть на рис. 4.131.

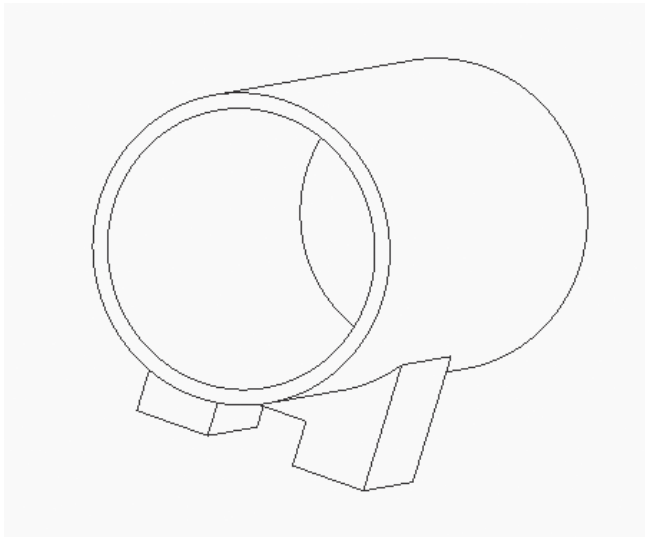


Рис. 4.130. Модель оболочки

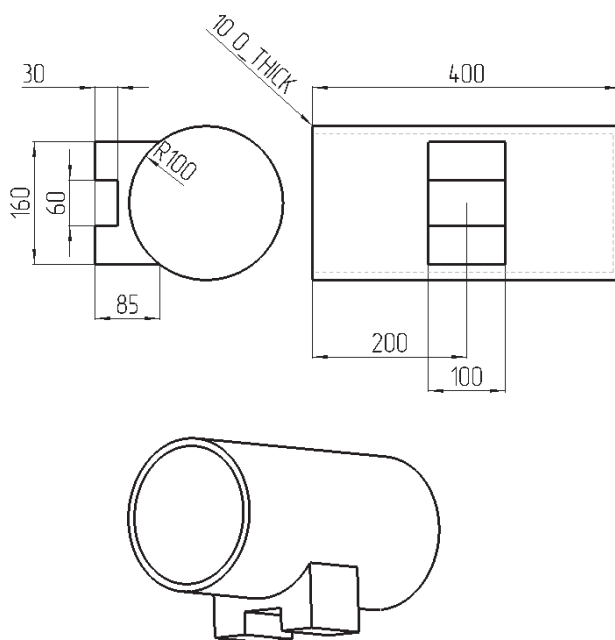


Рис. 4.131. Общий вид и габаритные размеры модели оболочки

Шаг 1. Создайте новую деталь с использованием шаблона *mmkg\_part\_solid*.

Шаг 2. Дайте файлу имя **Shell**.

Шаг 3. Запустите операцию *Вращать* с атрибутами Вращать как тело, угол вращения  $360^\circ$ .

Шаг 4. Перейдите в режим создания эскиза (**Размещение** > **Задать**). Создайте эскиз — прямоугольник  $400 \times 100$  (рис. 4.132) (симметричный относительно привязки, включите в состав эскиза ось вращения).

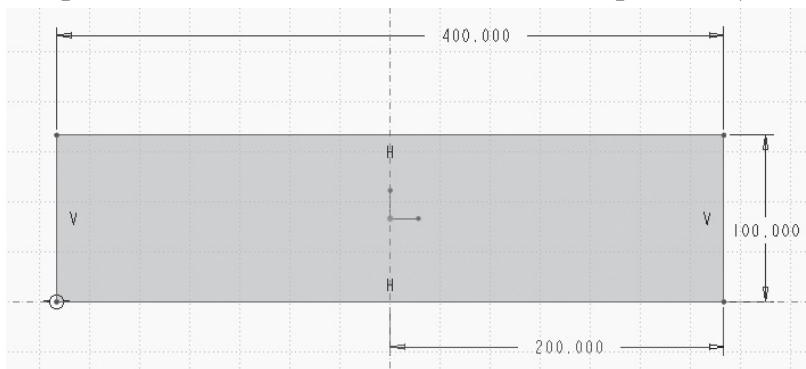


Рис. 4.132. Эскиз тела вращения



Шаг 5. Завершите создание **Тела вращения** командой **Применить...**



Результат на рис. 4.133.

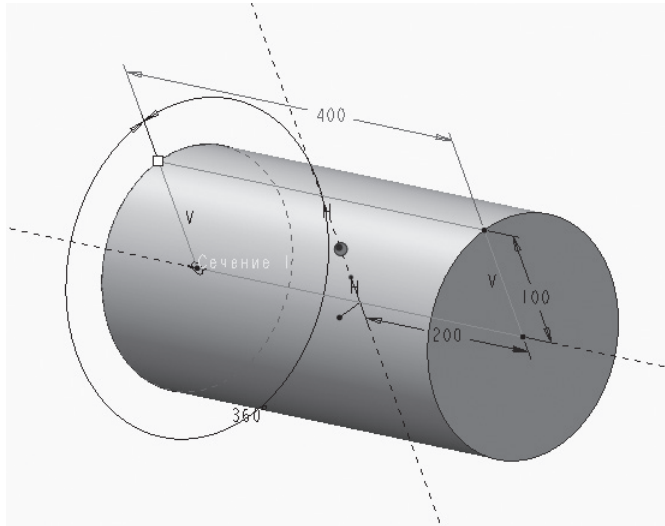


Рис. 4.133. Модель тела вращения

Шаг 6. Запустите операцию *Вытянуть* (📐) с атрибутами Твердотель-

ное вытягивание (📐), Выдавливание в обе стороны (📐).

Шаг 7. Создайте эскиз, как показано на рис. 4.134, а. В качестве плоскости создания эскиза используйте базовую плоскость ПРАВЫЙ, относительно которой модель симметрична (рис. 4.134, б). Выберите дополнительную привязку — окружность.

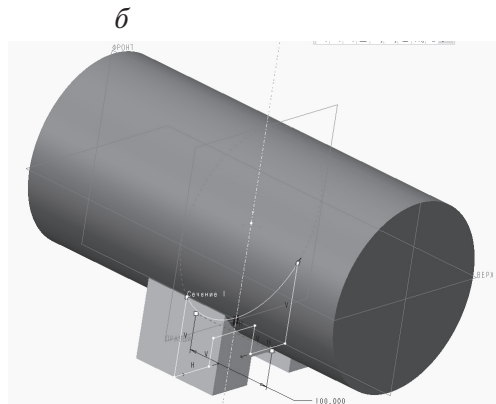
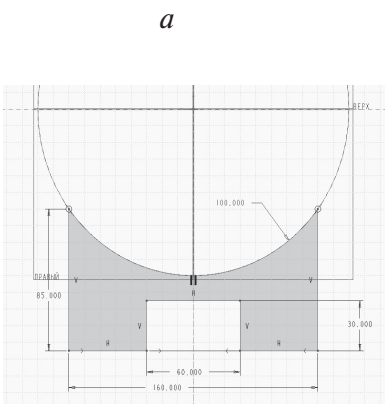




Рис. 4.134. Эскиз (а) и результат (б) операции

Шаг 8. Установите глубину вытягивания 100 мм. Завершите операцию командой **Применить...** . Результат — рис. 4.134, б.

Шаг 9. Запустите операцию создания оболочки ( или **Проектирование > Оболочка**).

Шаг 10. Укажите удаляемую поверхность, активизировав ввод атрибута в окне **Удаляемые поверхности** меню **Привязки** диалоговой панели операции (рис. 4.135) и затем указав на торец тела вращения (рис. 4.135).

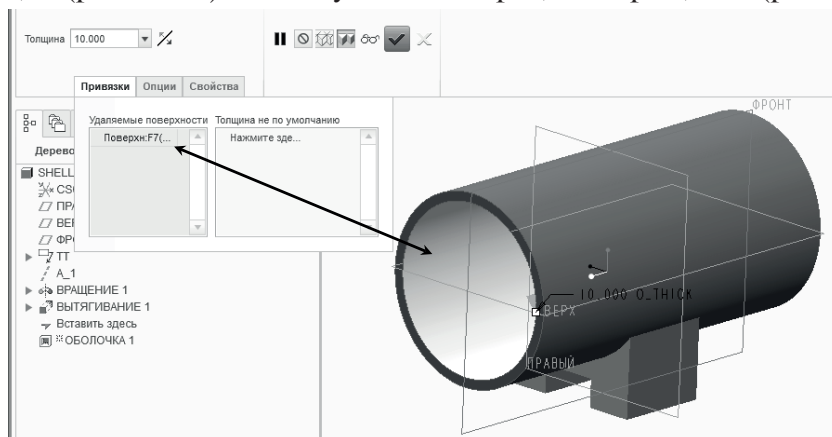


Рис. 4.135. Выбор удаляемых поверхностей

Шаг 11. Введите толщину стенки оболочки, равную 10 мм (см. рис. 4.135).

Шаг 12. Для исключения опоры из объема будущей оболочки в меню **Опции** выберите исключенные поверхности (**Опции > Исключенные поверхности**), как показано на рис. 4.136. Используйте клавишу **Ctrl** для создания набора поверхностей.

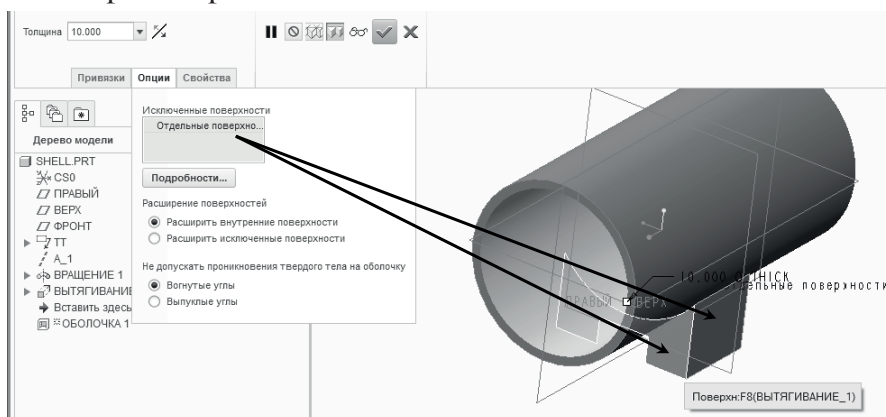



Рис. 4.136. Выбор исключенных поверхностей

Шаг 13. Завершите операцию командой **Применить** . Результат — см. рис. 4.130.

### 4.13. Создание модели рычага

В данной работе продолжим отработку техники создания конструктивных элементов на создании модели рычага, представленного на рис. 4.137. Габаритные размеры детали можно увидеть на рис. 4.138.



Рис. 4.137. Твёрдотельная модель рычага

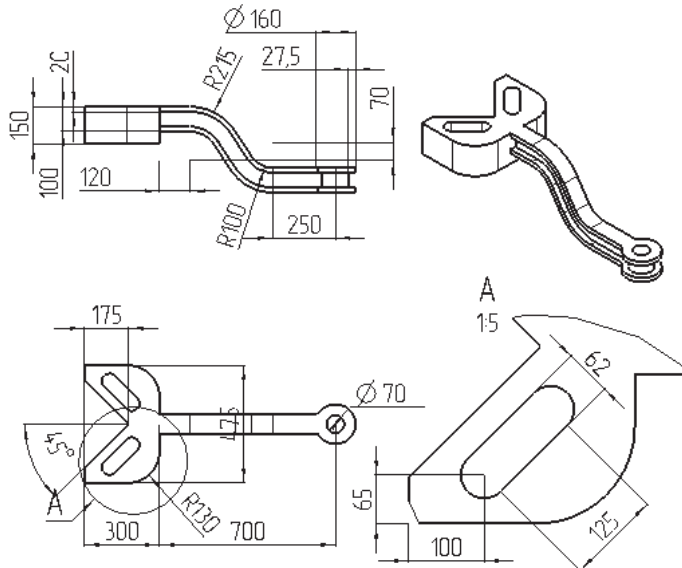





Рис. 4.138. Внешний вид и габаритные размеры рычага

## Этап 1. Создание модели детали с использованием операции зеркального копирования

Шаг 1. Создайте новую деталь без использования заранее заготовленных шаблонов (пустой) (**Файл > Новый > Деталь**).

Шаг 2. Назначьте имя модели — *lever*.

Шаг 3. Создайте опорные плоскости (**Опорный элемент > Плоскость** ).

Шаг 4. Запустите операцию *Вытянуть*  с атрибутами **Твердотельное вытягивание** (); **Вытяните** в одном направлении от плоскости эскиза на заданную глубину ().

Шаг 5. Задайте эскизную и ссылочную плоскости (**Размещение > Задать**) и постройте эскиз, показанный на рис. 4.139, а.

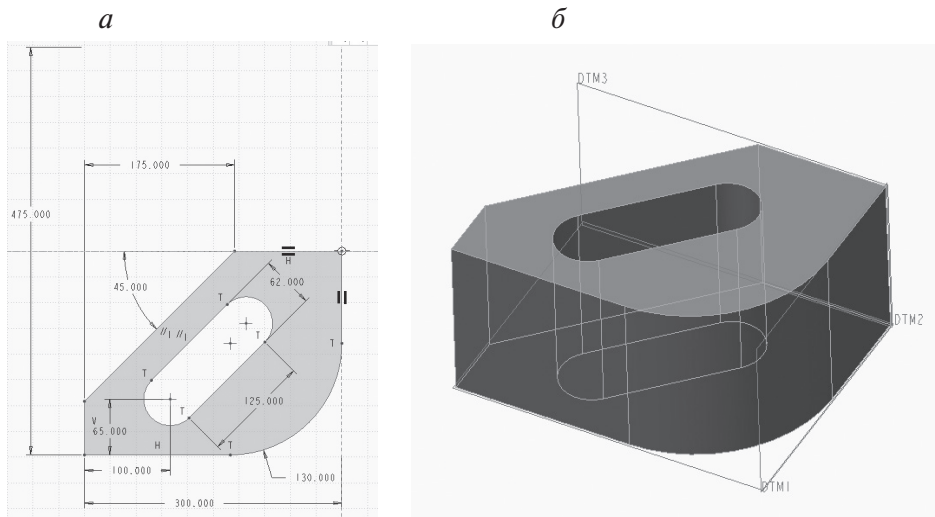


Рис. 4.139. Эскиз (а) и результат (б) операции *Вытянуть*

Шаг 6. Завершите эскиз и вытяните его на глубину 150 мм (см. рис. 4.139, б).  
Завершите операцию (**Применить...** ).

Шаг 7. Для выполнения операции зеркального отражения необходим предварительный выбор отражаемого элемента. Выделите операцию *Вытягивание 1* в дереве модели (рис. 4.140, а).

Запустите ставшей активной операцию *Зеркальное отражение* (или **Правка > Зеркальное отражение...**).

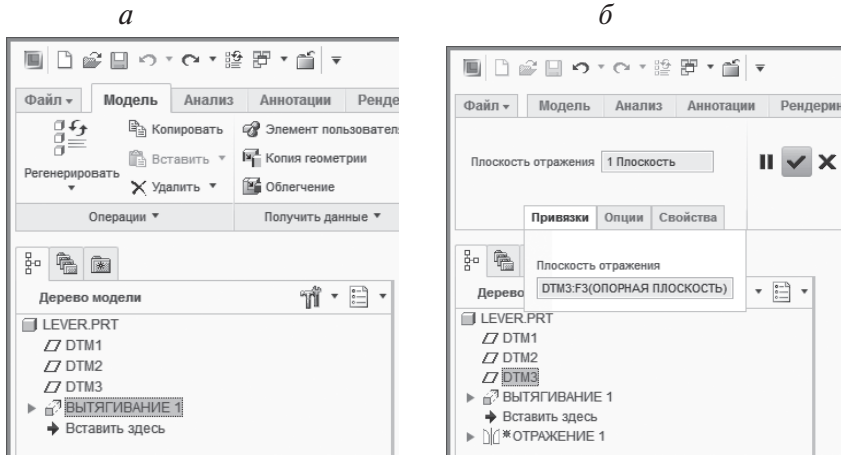

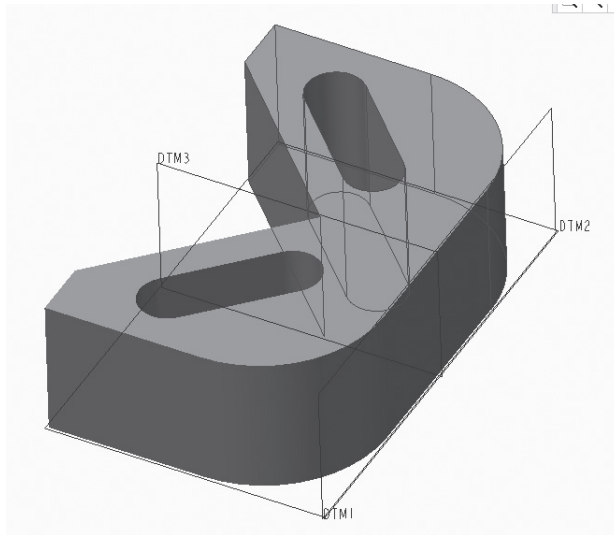


Рис. 4.140. Выбор объекта (а) и плоскости отражения (б)

Шаг 8. Выберите в качестве плоскости отражения базовую плоскость DTM3 (см. рис. 4.140, б). Завершите операцию (**Применить** ). Результат операции представлен на рис. 4.141.

Рис. 4.141. Результат операции *Зеркальное отражение*

## Этап 2. Протягивание замкнутого сечения по траектории

Шаг 1. Для создания траектории протягивания выделите опорную плоскость DTM3 и запустите команду **Эскиз (Опорный элемент > Эскиз)**, как показано на рис. 4.142.

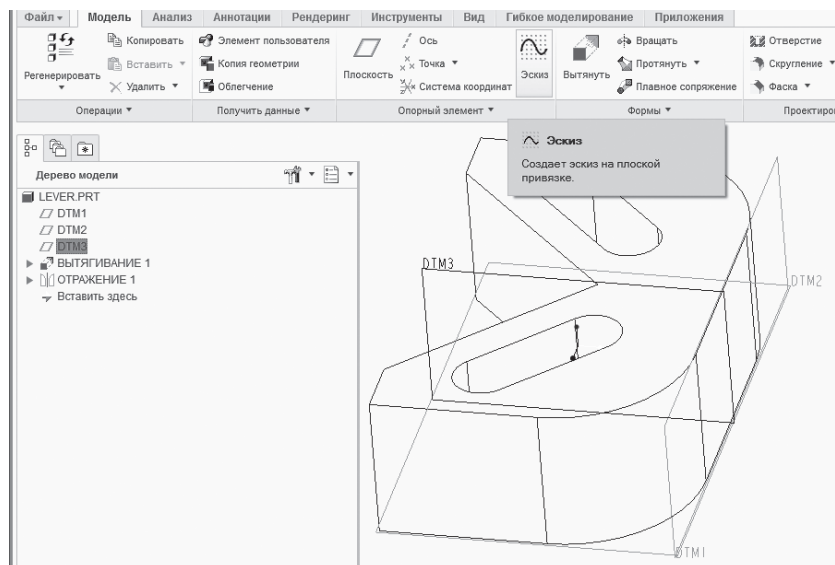


Рис. 4.142. Выбор плоскости построения эскиза траектории протягивания

Шаг 2. Добавьте при необходимости недостающие привязки и постройте эскиз траектории протягивания, как показано на рис. 4.143.

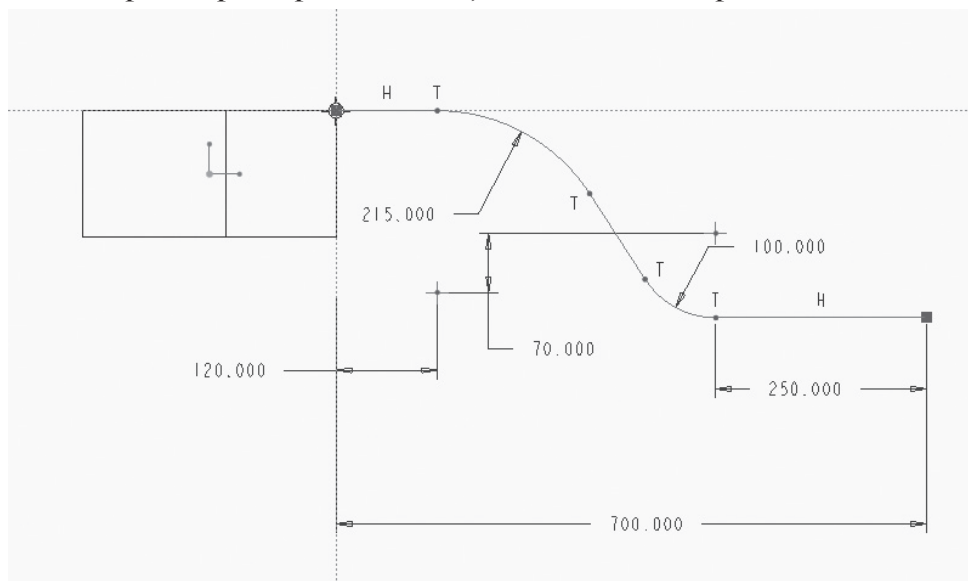


Рис. 4.143. Эскиз траектории протягивания

Шаг 3. Запустите выполнение операции *Протянуть* (**Формы** > **Протянуть**). Убедитесь, что начальная точка траектории протягивания находится

ся на поверхности твердого тела (рис. 4.144). Щелчком по кнопке **Создать или править сечение протягивания** (рис. 4.144) начните создание эскиза сечения протягивания (рис. 4.145).

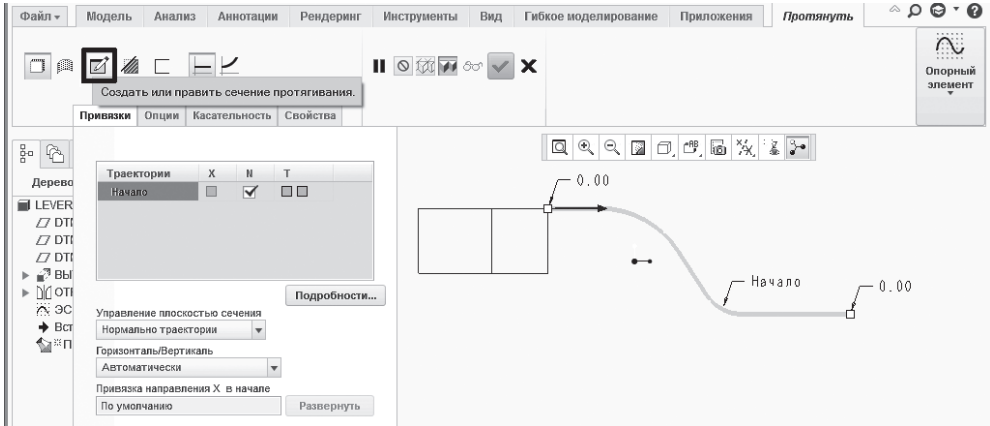


Рис. 4.144. Интерфейс команды Протянуть

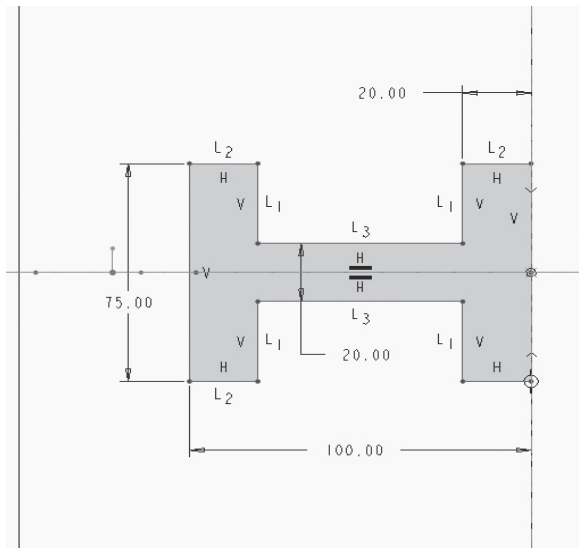


Рис. 4.145. Эскиз сечения протягивания

Шаг 4. Завершите эскиз сечения протягивания (■) и, если на предварительном просмотре нет ошибок, завершите операцию *Протянуть*. Результат операции представлен на рис. 4.146.

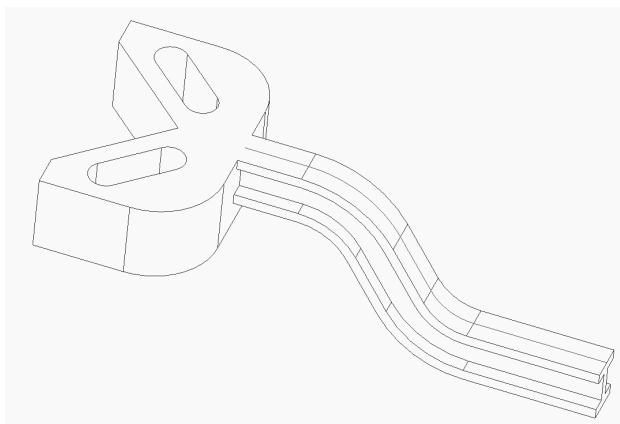





Рис. 4.146. Результат протягивания

### Этап 3. Работа с инструментом Вращать в рамках добавления материала с использованием прилегающей геометрии предыдущей операции

Шаг 1. Запустите выполнение операции *Вращать*  с атрибутами **Вращать как тело** , угол вращения  $360^\circ$ .

Шаг 2. Задайте эскизную и ссылочную плоскости для создания эскиза операции (**Размещение > Задать**), как показано на рис. 4.147, *а*, и создайте эскиз (рис. 4.147, *б*). Завершите операцию (**Применить** ). Результат операции на рис. 4.148.

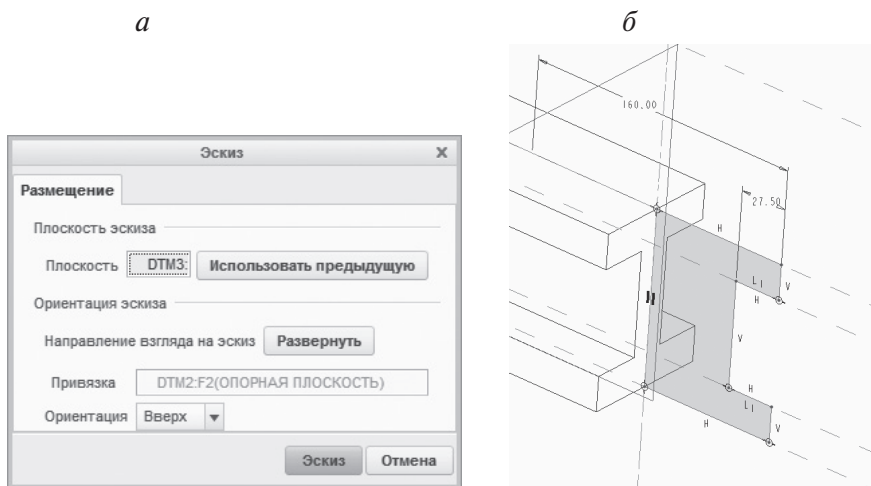
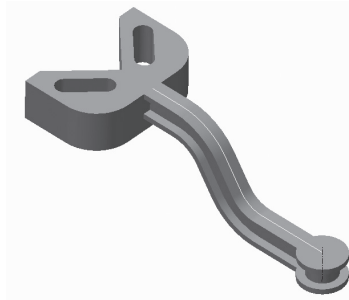


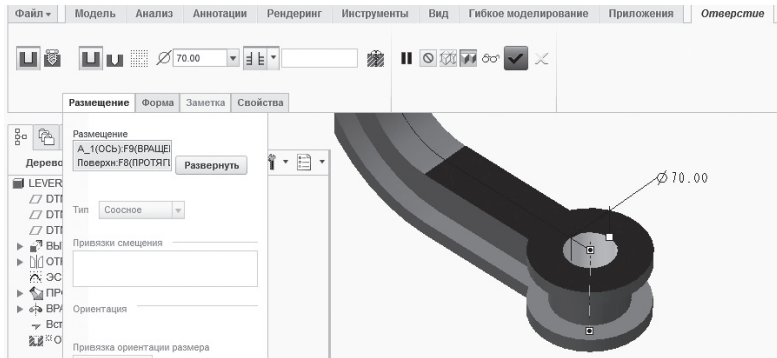


Рис. 4.147. Задание эскизной и ссылочной плоскостей (*а*) и эскиз (*б*) операции



Рис. 4.148. Результат операции *Вращать*

Шаг 3. Создайте коаксиальное отверстие диаметром 70 мм, проходящее через ось предыдущей операции (операция *Отверстие*  с атрибутами **Соосное, Насквозь**  — рис. 4.149). (При задании привязок используйте **Ctrl.**)

Рис. 4.149. Задание атрибутов операции *Отверстие*

Шаг 4. Завершите операцию (**Применить** ). Результат операции показан на рис. 4.150.

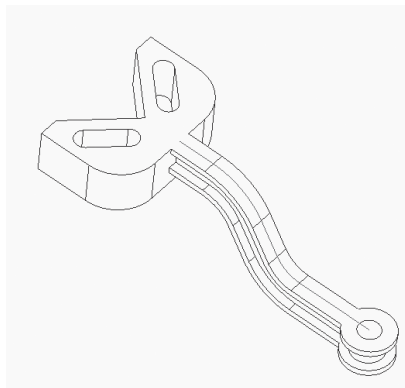


Рис. 4.150. Результат моделирования рычага

## 4.14. Создание модели литейной формы

В данной работе продолжим отработку техники создания конструктивных элементов на изготовление модели литейной формы, представленной на рис. 4.151. Габаритные размеры детали можно увидеть на рис. 4.152.

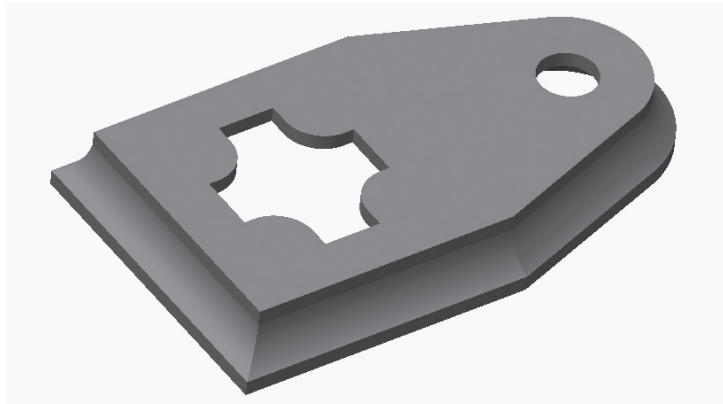


Рис. 4.151. Модель литейной формы

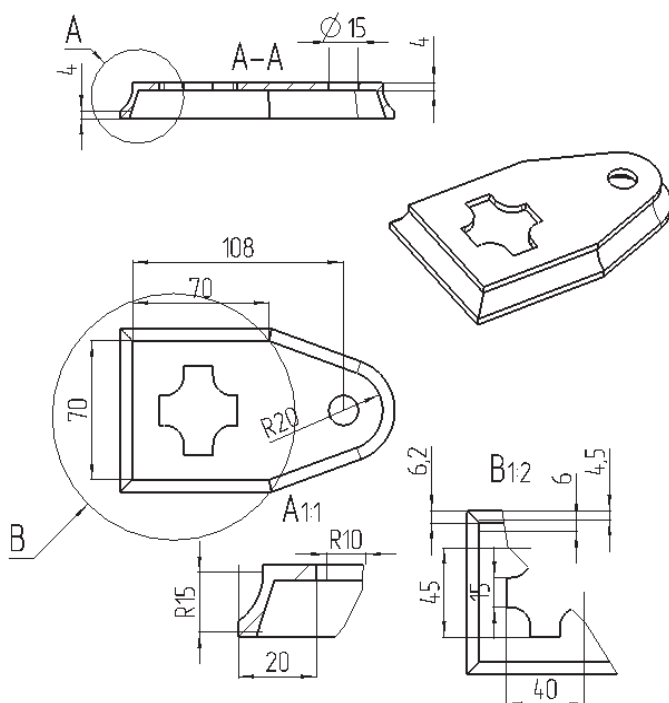


Рис. 4.152. Габаритные размеры и общий вид литейной формы

## Этап 1. Протягивание открытого сечения по траектории

Шаг 1. Создайте новую **Деталь** без использования заранее заготовленных шаблонов (пустой) (**Файл > Новый > Деталь**).

Шаг 2. Назначьте имя модели — **Casting\_form**.

Шаг 3. Создайте базовые плоскости (**Базовая плоскость** ).

Шаг 4. Запустите выполнение операции **Вытянуть** (**Формы > Вытянуть**).

Шаг 5. Выберите в качестве плоскости построения эскиза траектории плоскость DTM2.

Шаг 6. Выберите в качестве ссылочной плоскости построения эскиза траектории плоскость DTM1. При выборе ссылочной плоскости назначьте ориентацию **ВПРАВО**.

Шаг 7. Создайте эскиз, представленный на рис. 4.153.

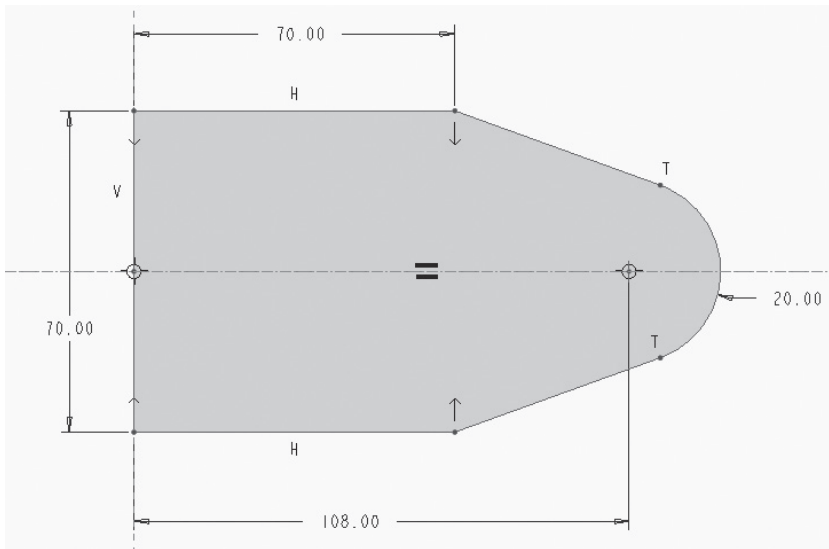


Рис. 4.153. Эскиз операции **Вытянуть**

Шаг 8. Завершите создание эскиза траектории (.

Шаг 9. Введите глубину вытягивания 4 мм и завершите операцию.

Шаг 10. Запустите команду **Протянуть**, во вкладке **Привязки** запустите опцию **Подробности....** Сформируйте траекторию протягивания, выбирая последовательно ребра твердого тела (при нажатом **Ctrl**). На рис. 4.154 показана последовательность выбранных ребер и их список в окне **Цепь**.



Рис. 4.154. Формирование траектории протягивания

Шаг 11. Завершите создание траектории кнопкой **ОК** в окне *Цепь*. Запустите опцию создания сечения протягивания кнопкой **Создать или править сечение протягивания** (см. рис. 4.154).

Шаг 12. Создайте эскиз сечения для протягивания по траектории — рис. 4.155.

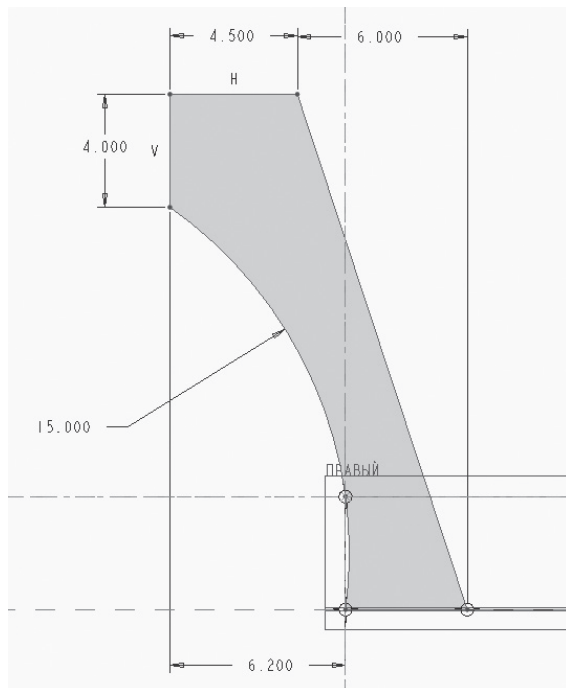



Рис. 4.155. Эскиз сечения для протягивания по траектории

Шаг 13. Завершите создание эскиза (  ), а затем завершите создание операции. Результат операции представлен на рис. 4.156.

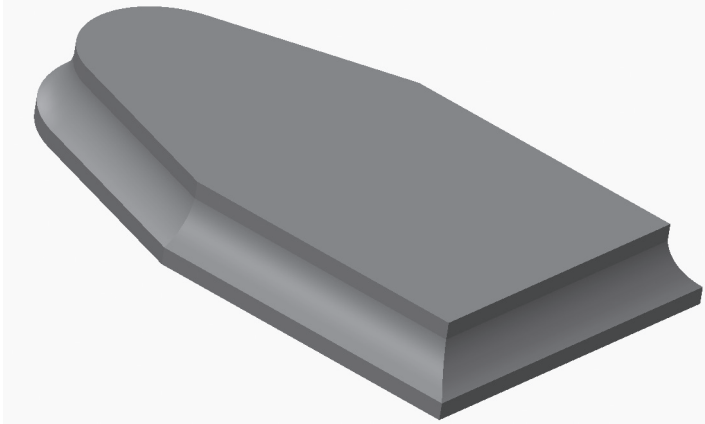




Рис. 4.156. Результат операции протягивания по траектории

## Этап 2. Создание отверстия с использованием вспомогательной опорной оси

Шаг 1. Создайте опорную ось, проходящую через поверхность вращения (операция *Базовая ось* , рис. 4.157).

Шаг 2. Создайте сквозное соосное отверстие диаметром 15 мм, используя построенную базовую ось — рис. 4.158. (По аналогии с шагом 3 упражнения 3 лабораторной работы 4.7.)

Шаг 3. Завершите операцию (**Применить** ).

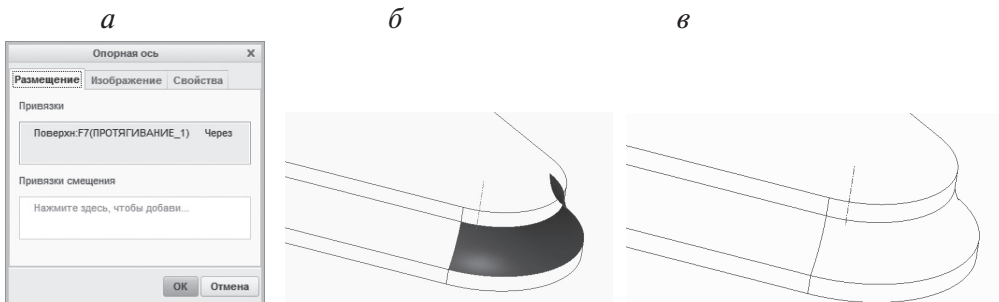


Рис. 4.157. Диалоговое окно (а), выбор поверхности вращения (б) и результат построения базовой оси (в)

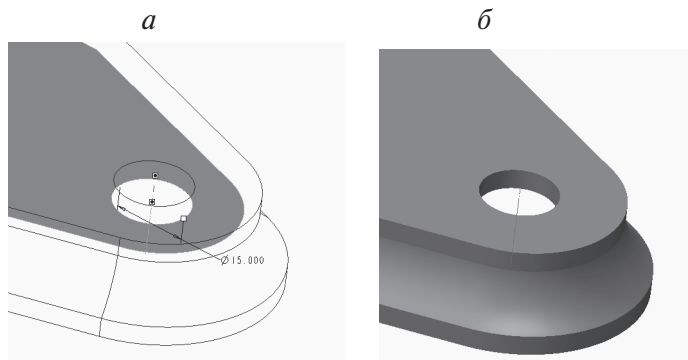


Рис. 4.158. Построение концентричного отверстия (а) и результат операции (б)

### Этап 3. Работа с инструментом Вытянуть с удалением материала

Шаг 1. Запустите операцию *Вытянуть* с атрибутами **Твердотельное вытягивание**, **Удалить материал**, **Насквозь** — рис. 4.159.

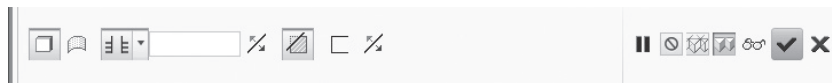


Рис. 4.159. Задание атрибутов операции *Вытянуть*

Шаг 2. Задайте эскизную и ссылочную плоскости (**Размещение > Задать**).

Шаг 3. Создайте эскиз, представленный на рис. 4.160.

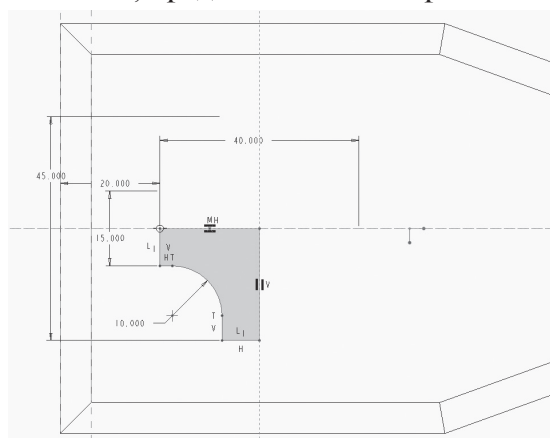


Рис. 4.160. Эскиз операции *Вытянуть*

Шаг 4. Завершите операцию (**Применить** ). Результат операции — рис. 4.161.

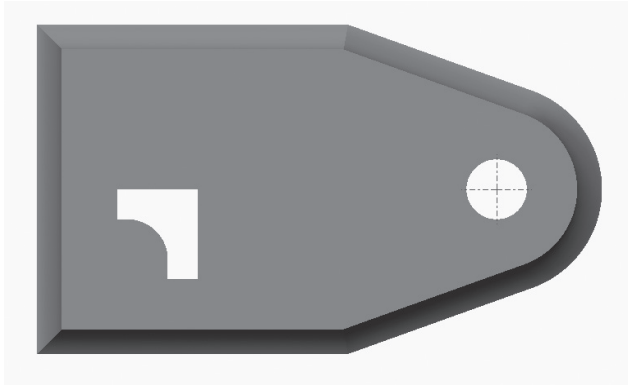


Рис. 4.161. Результат операции *Вытянуть*

#### Этап 4. Копирование группы операций

Шаг 1. Запустите операцию *Зеркальное отражение* (или **Править > Зеркальное отражение...**). (Для выполнения операции зеркального отражения необходим предварительный выбор отражаемого элемента.)

Шаг 2. Скопируйте паз относительно средней плоскости ВЕРХ (рис. 4.162). Результат операции — рис. 4.163.

Шаг 3. Выполните аналогичную операцию, используя в качестве объекта отражения результат предыдущей операции. (В качестве плоскости операции выберите длинную грань этого паза.) Результат — рис. 4.164.

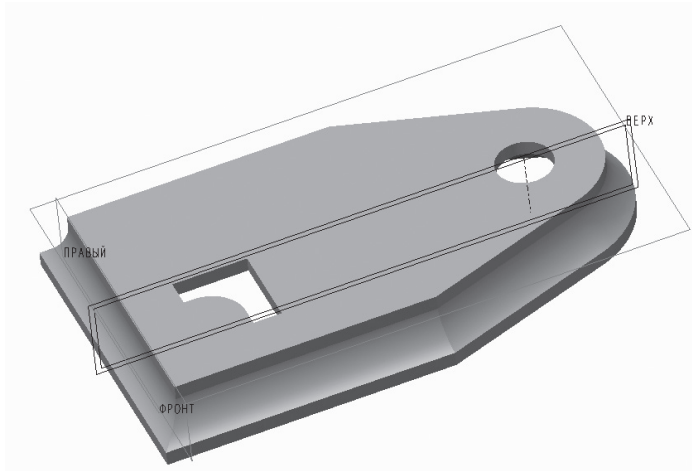


Рис. 4.162. Операция *Зеркальное отражение*

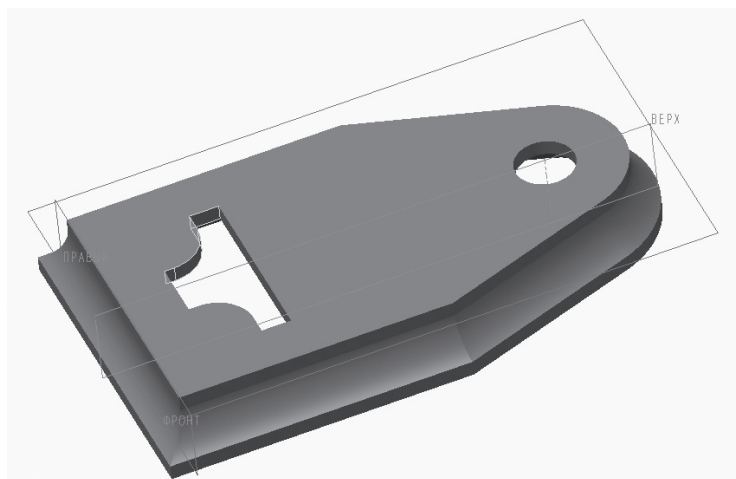


Рис. 4.163. Результат операции *Зеркальное отражение*

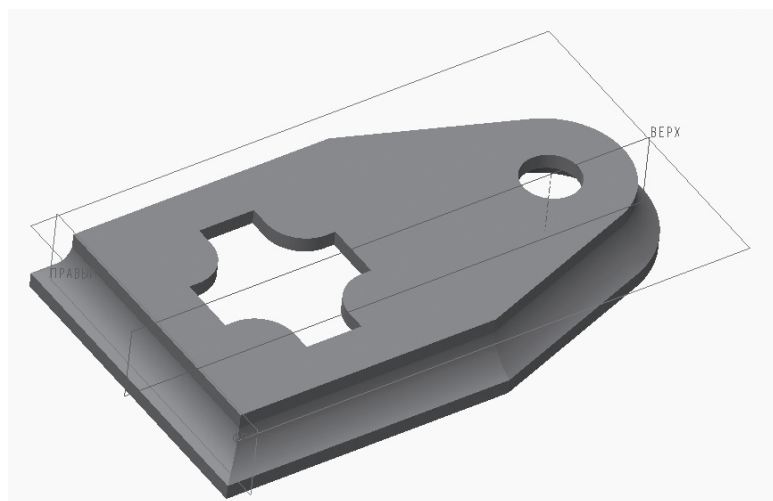


Рис. 4.164. Окончательный вид литейной формы

#### 4.15. Протягивание переменных сечений по трехмерной траектории

---

Результатом этой работы является модель, представленная на рис. 4.165.



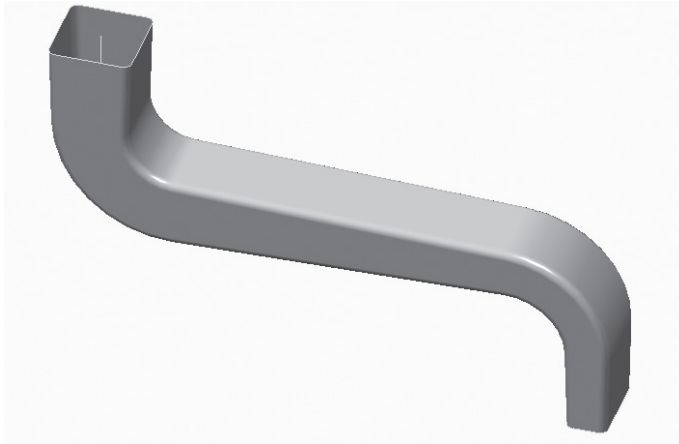





Рис. 4.165. Поверхностная модель, созданная методом протягивания переменных сечений по траектории

Шаг 1. Создайте новую деталь с использованием шаблона **mmkg\_part\_solid**.

Шаг 2. Дайте файлу имя **Sweepblend**.

Шаг 3. Создайте эскиз траектории (  ), как показано на рис. 4.166.

Шаг 4. Создайте эскизы сечений (  ) на концах траектории, используя базовые (опорные) плоскости (  ), как показано на рис. 4.167.

Шаг 5. Создайте **Плавное сопряжение** (  ) (или **Вставить > Плавное сопряжение...**), как показано на рис. 3.168. В качестве траектории указываем кривую (желтая стрелка (см. верхний конец траектории) показывает направление от начала к концу траектории).

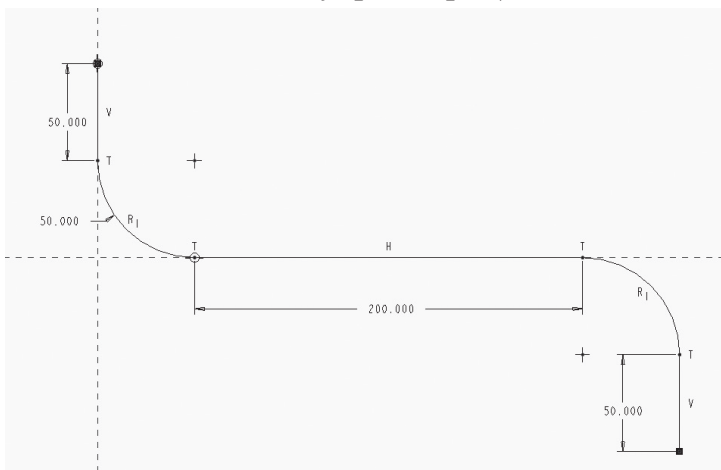


Рис. 4.166. Эскиз траектории

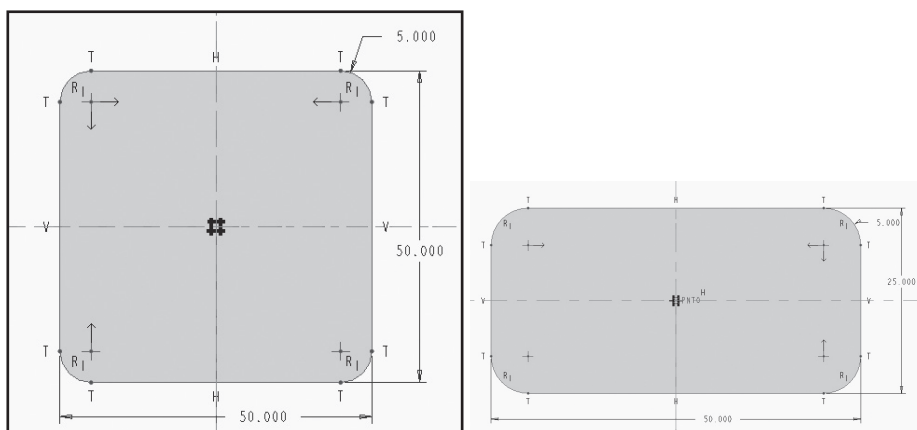


Рис. 4.167. Эскизы сечений для протягивания по траектории

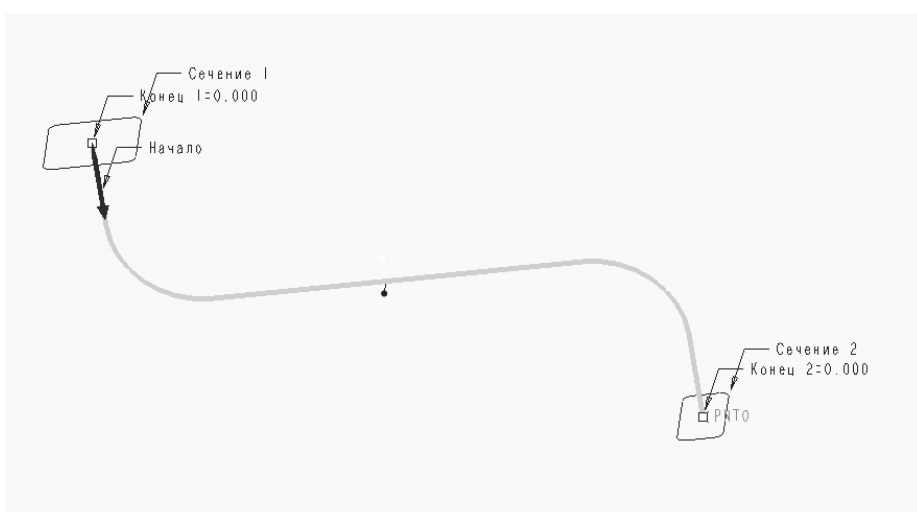



Рис. 4.168. Начало операции *Плавное сопряжение*

Шаг 6. Выберите построенные сечения (см. рис. 4.167), используя закладку *Сечения* диалоговой панели (**Сечения > Выбранные сечения > Вставить**), как показано на рис. 4.169. Результат выбора показан на рис. 4.170. Обязательно назначьте соответствие сопрягаемых точек в сечениях (см. рис. 4.170). Обратите внимание, что в этой операции возможно соз-

дание как твердого тела, так и поверхности .

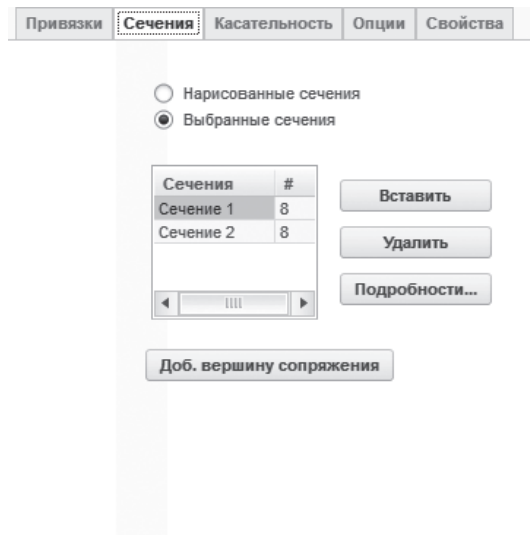


Рис. 4.169. Выбор сечений для Плавного сопряжения

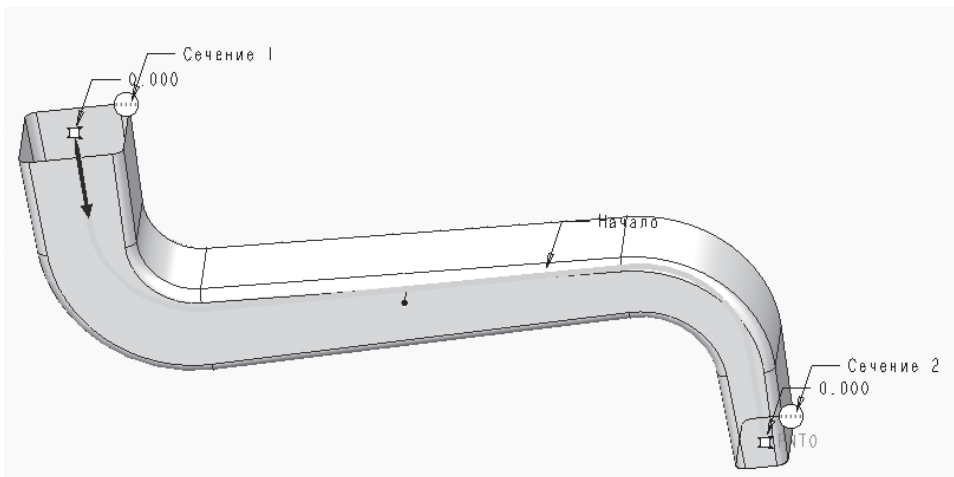


Рис. 4.170. Результат выбора сечений для Плавного сопряжения

Шаг 7. Завершите операцию (**Применить** ). Результат операции для случая создания поверхности представлен на рис. 4.171.

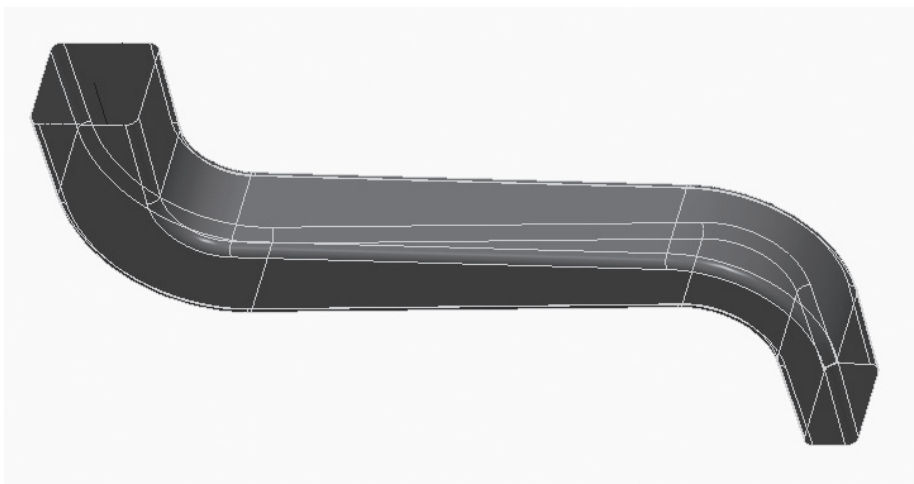


Рис. 4.171. Результат создания поверхности

#### 4.16. Проектирование вала

---

Модель вала, которая будет создана в этой работе, представлена на рис. 4.172. Габаритные размеры детали видны на рис. 4.173.

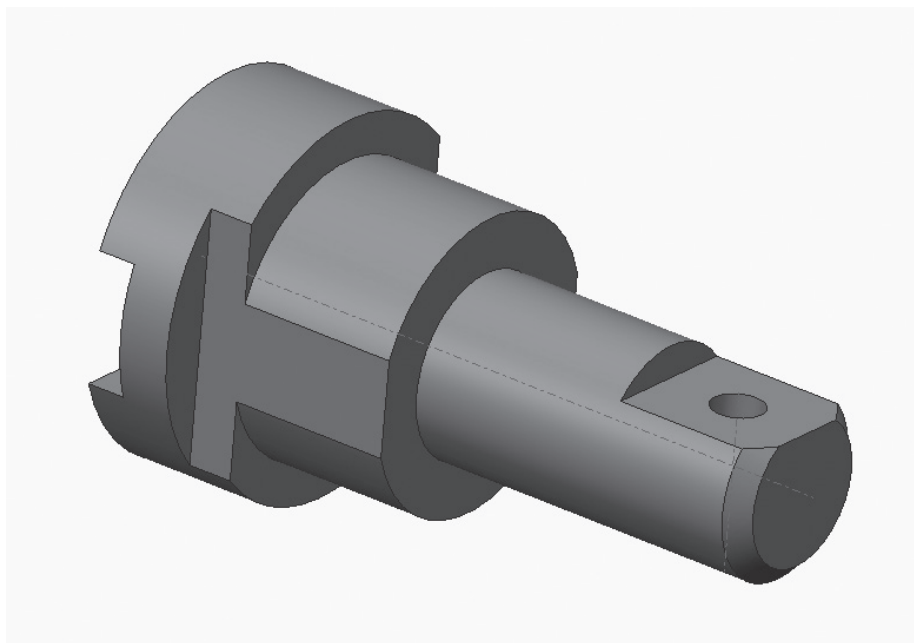


Рис. 4.172. Твёрдотельная модель вала

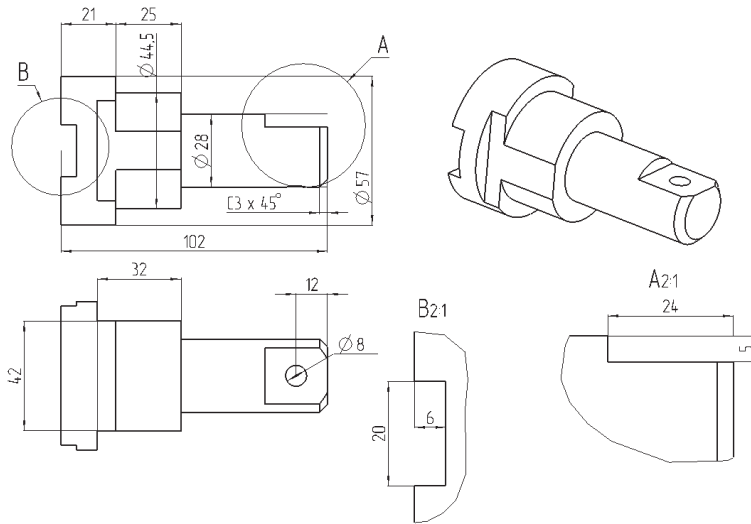


Рис. 4.173. Габаритные размеры вала

### Этап 1. Работа с инструментом Вращение в рамках добавления материала

Шаг 1. Создайте новую **Деталь** без использования заранее заготовленных шаблонов (пустой) (**Файл > Новый > Деталь**).

Шаг 2. Назначьте имя модели — **Shaft**.

Шаг 3. Создайте базовые плоскости (**Базовая плоскость** ).

Шаг 4. Запустите выполнение операции **Вращать** (**Формы > Вращать**).

Шаг 5. Задайте эскизную и ссылочную плоскости (**Размещение > Задать**) и постройте **Эскиз**, показанный на рис. 4.174.

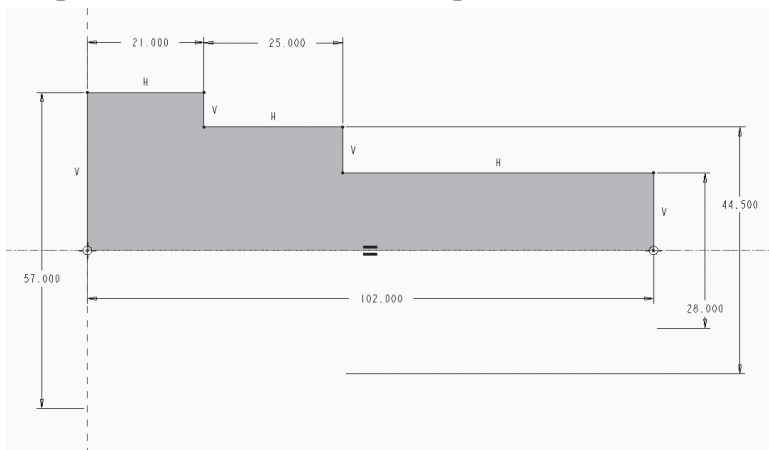


Рис. 4.174. Эскиз вала

Шаг 6. Атрибуты операции установите такими, какие представлены ниже, на рис. 4.175. Завершите операцию кнопкой **Применить** (✓). Результат — рис. 4.176.

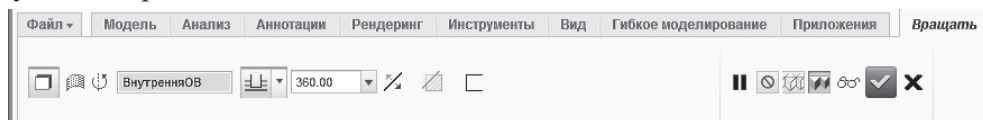


Рис. 4.175. Атрибуты операции Вращать

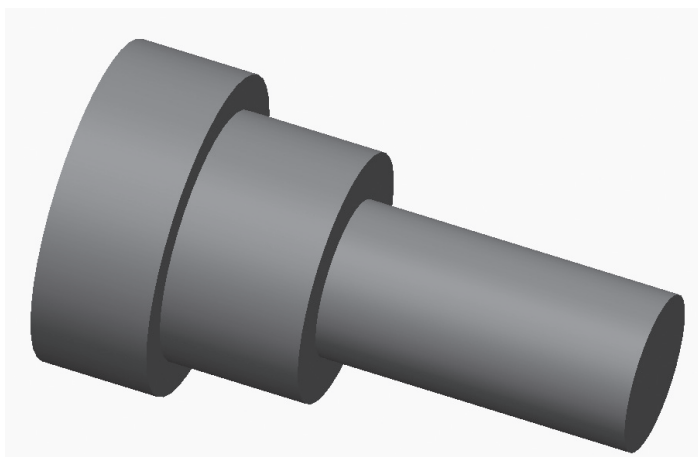


Рис. 4.176. Результат операции Вращать

## Этап 2. Использование незамкнутых сечений при работе с инструментом Вытягивание в рамках удаления материала

Шаг 1. Запустите операцию **Вытянуть** (✎) с атрибутами **Твердотельное вытягивание; Удалить материал; Вытянуть насквозь**.

Атрибуты показаны на рис. 4.177.

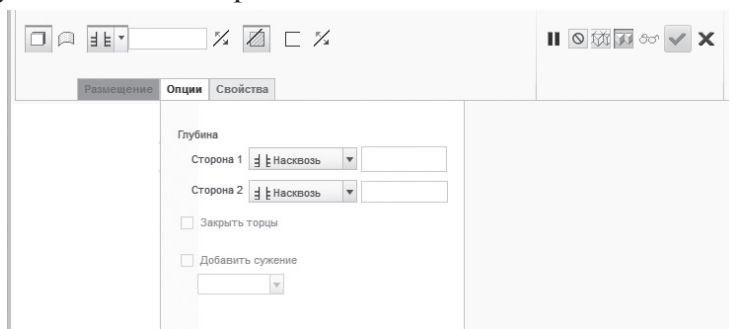


Рис. 4.177. Атрибуты операции Вытянуть

Шаг 2. Задайте плоскость размещения эскиза (**Размещение > Задать**), как показано на рис. 4.178, и постройте эскиз (рис. 4.179). Обратите внимание, что эскиз не замкнут.

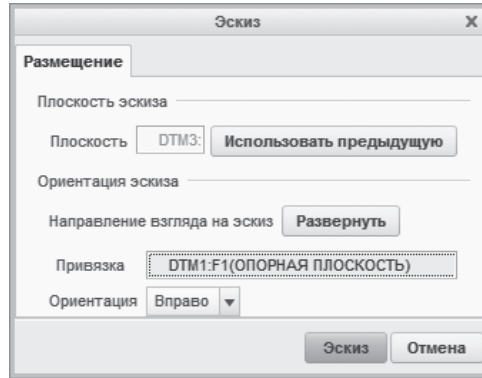


Рис. 4.178. Задание плоскости размещения эскиза

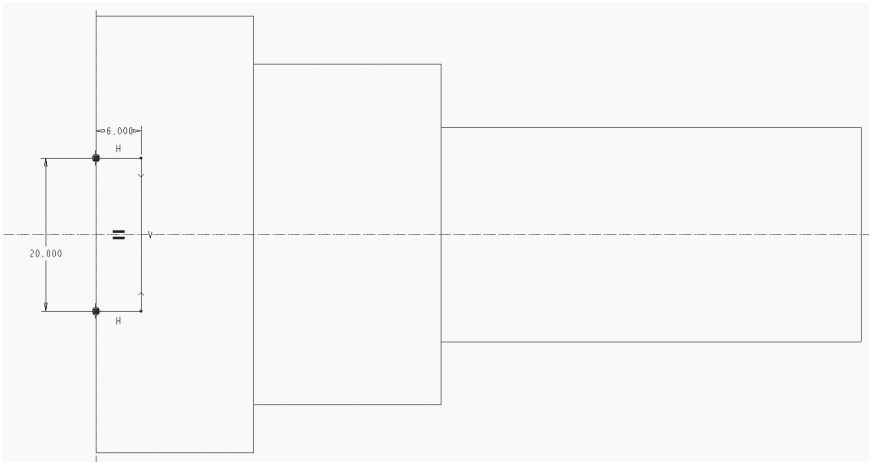



Рис. 4. 179. Эскиз операции Вытянуть

Шаг 3. Завершите операцию кнопкой **Применить** (☑). Результат на рис. 4.180.

Шаг 4. Запустите операцию **Вытянуть**  с атрибутами Твердотельное вытягивание; Удалить материал; Вытянуть насквозь, как показано на рис. 4.177.

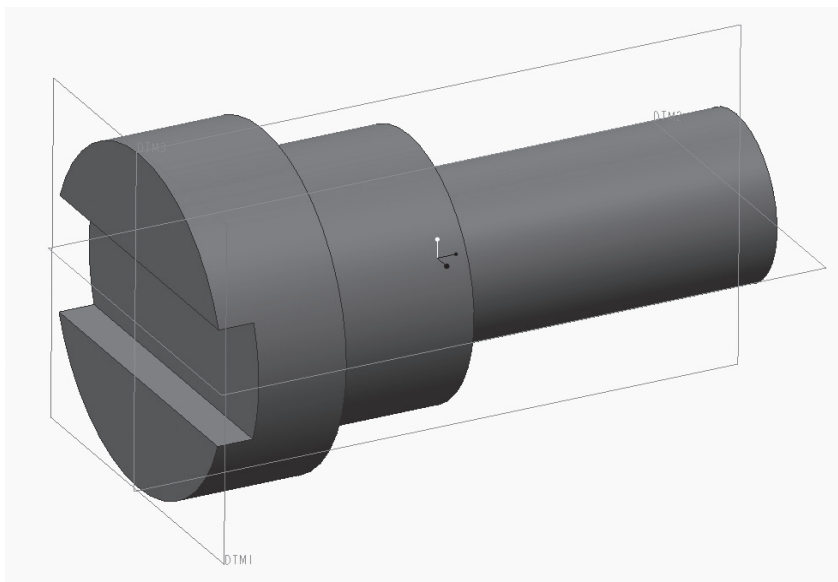


Рис. 4.180. Результат операции *Вытянуть*

Шаг 5. Задайте плоскость размещения эскиза (**Размещение > Задать**) и постройте эскиз (не замкнутый), представленный на рис. 4.181.

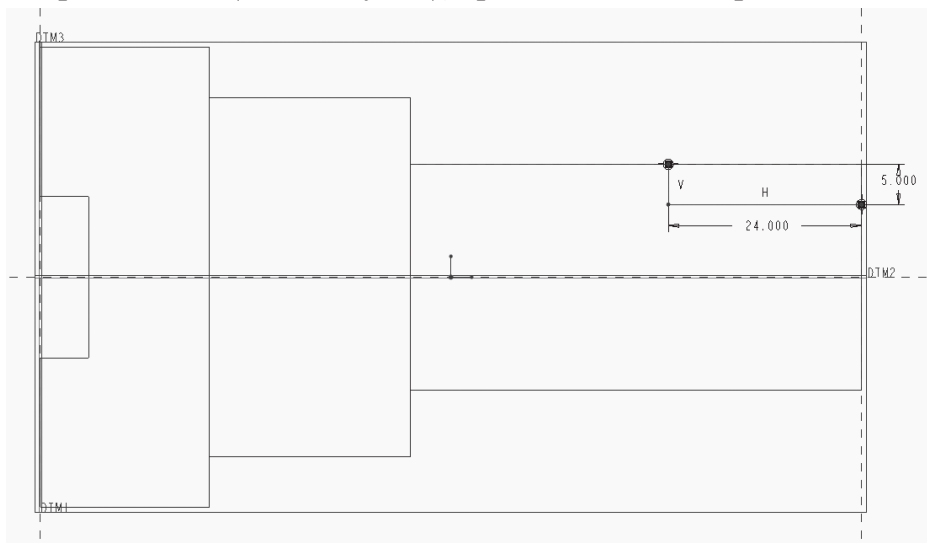
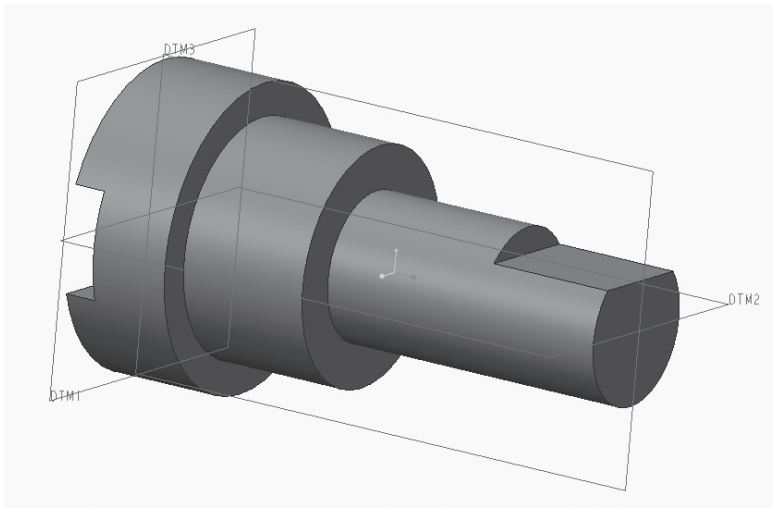



Рис. 4.181. Эскиз операции *Вытянуть*

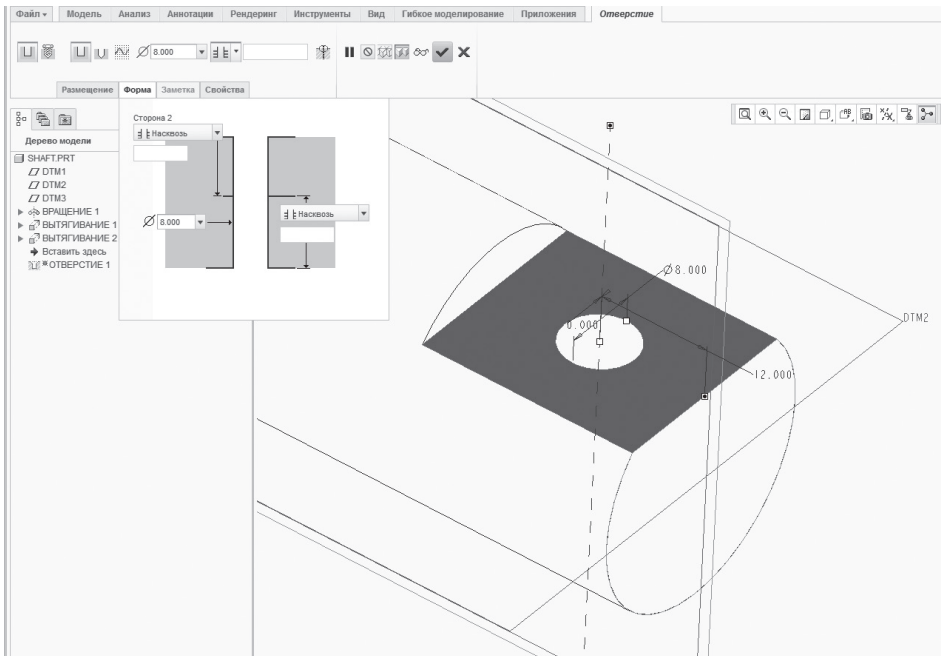
Шаг 6. Завершите операцию кнопкой **Применить** () . Результат — рис. 4.182.



Рис. 4.182. Результат операции *Вытянуть*

### Этап 3. Создание отверстия с привязкой к опорной плоскости

Шаг 1. Запустите операцию *Отверстие*  с атрибутами **Линейное**, **Насквозь**. Атрибуты представлены на рис. 4.183.

Рис. 4.183. Атрибуты операции *Отверстие*

Шаг 2. Завершите операцию кнопкой **Применить** () . Результат — рис. 3.184.

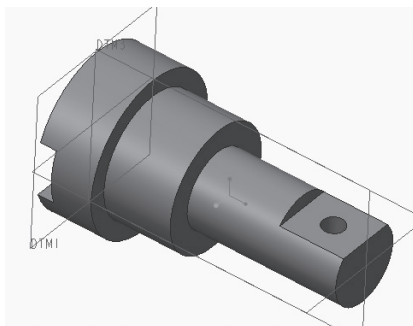


Рис. 4.184. Результат проектирования вала

Шаг 3. Сравните результат, представленный на рис. 4.184, с рис. 4.173 и добавьте недостающие конструктивные элементы к модели самостоятельно.

## 4.17. Проектирование опоры

Модель опоры, которая будет создана в этой работе, представлена на рис. 4.185. Габаритные размеры детали видны на рис. 4.186.

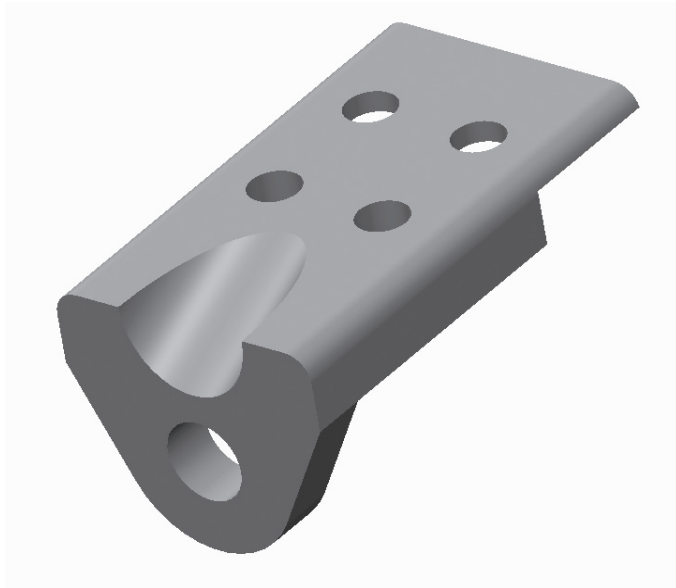


Рис. 4.185. Твёрдотельная модель опоры

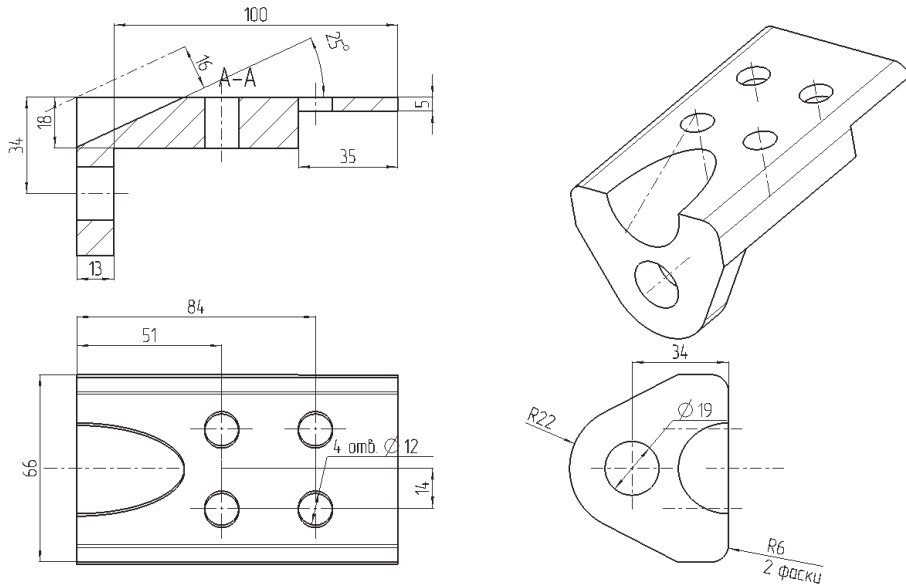




Рис. 4.186. Габаритные размеры опоры

### Этап 1. Использование незамкнутых сечений при работе с инструментом Вращение в рамках удаления материала

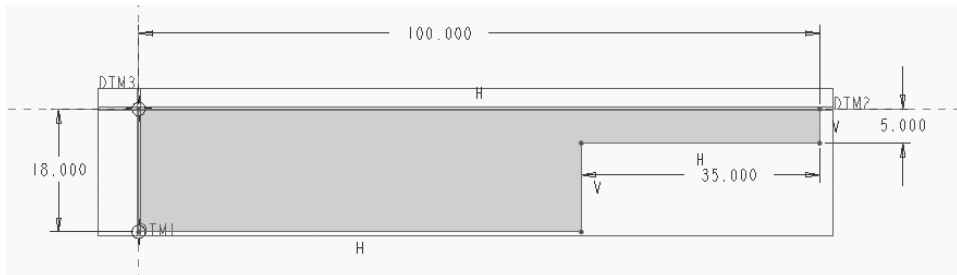
Шаг 1. Создайте новую **Деталь** без использования заранее заготовленных шаблонов (пустой) (**Файл > Новый > Деталь**). Дайте ей название **Support\_2**.

Шаг 2. Создайте базовые плоскости.

Шаг 3. Запустите операцию **Вытянуть**  с атрибутами **Твердотельное вытягивание; Симметрично** .

Шаг 4. Задайте плоскость размещения эскиза (**Размещение > Задать**).

Шаг 5. Постройте эскиз, показанный на рис. 4.187.

Рис. 4.187. Эскиз операции *Вытянуть*

Шаг 6. Завершите эскиз. Вытяните эскиз на глубину **66 мм**. Завершите операцию. Результат — рис. 4.188.

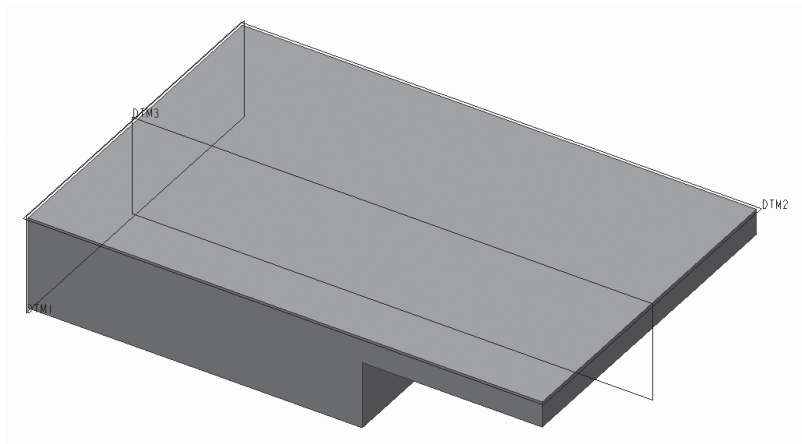



Рис. 4.188. Результат операции *Вытянуть*

Шаг 7. Запустите операцию *Вытянуть*  с атрибутами **Твердотельное вытягивание; На заданную глубину**.

Шаг 8. Задайте плоскость построения эскиза и начертите эскиз, представленный на рис. 4.189 (*разомкнутый*).

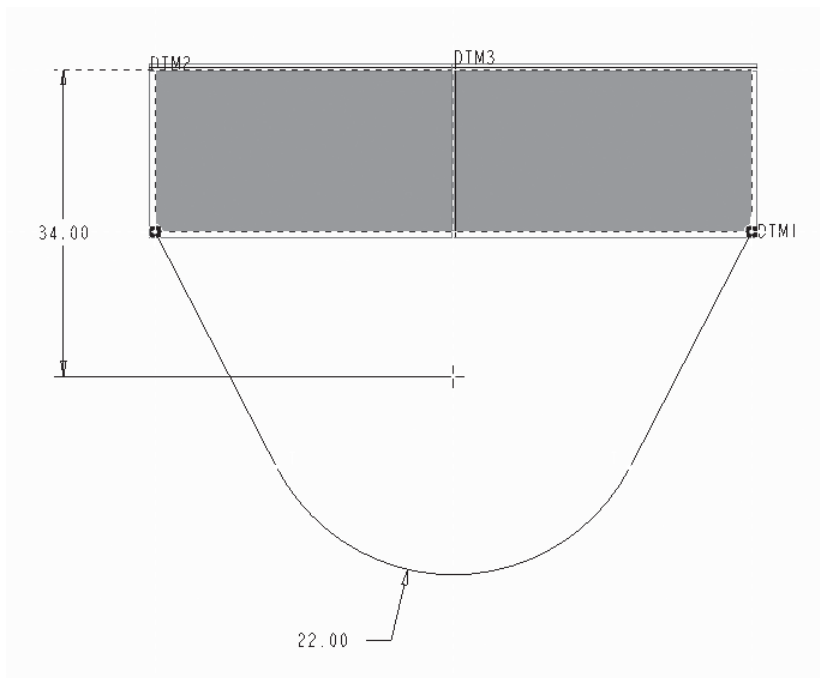


Рис. 4.189. Разомкнутый эскиз операции *Вытянуть*

Шаг 9. Завершите эскиз и вытяните его на **13 мм**. Результат — рис. 4.190.

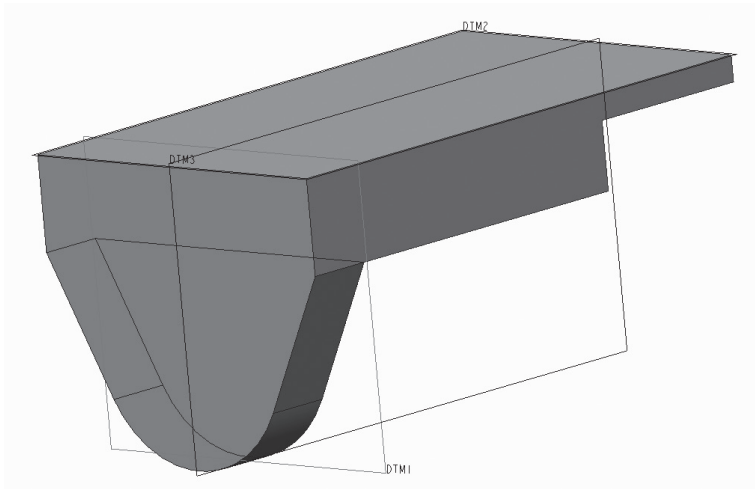


Рис. 4.190. Результат операции *Вытянуть*

Шаг 10. Запустите операцию *Вращать* с атрибутами **Твердотельное; Удалить материал**.

Шаг 11. Задайте плоскость размещения эскиза и постройте эскиз (прямая линия под углом  $25^\circ$ ), как показано на рис. 3.191 (параллельно этой линии построена вспомогательная ось).

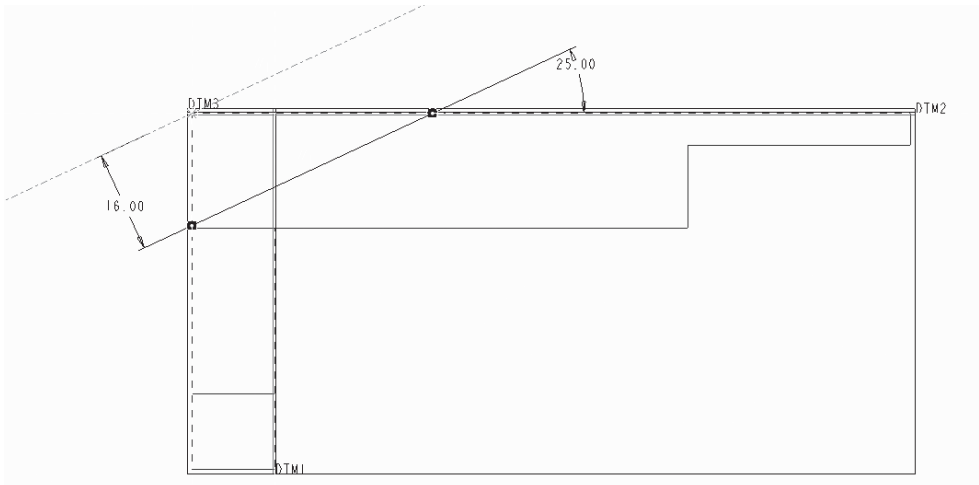


Рис. 4.191. Эскиз операции *Вращать*

Шаг 12. Завершите эскиз и операцию (рис. 4.192).

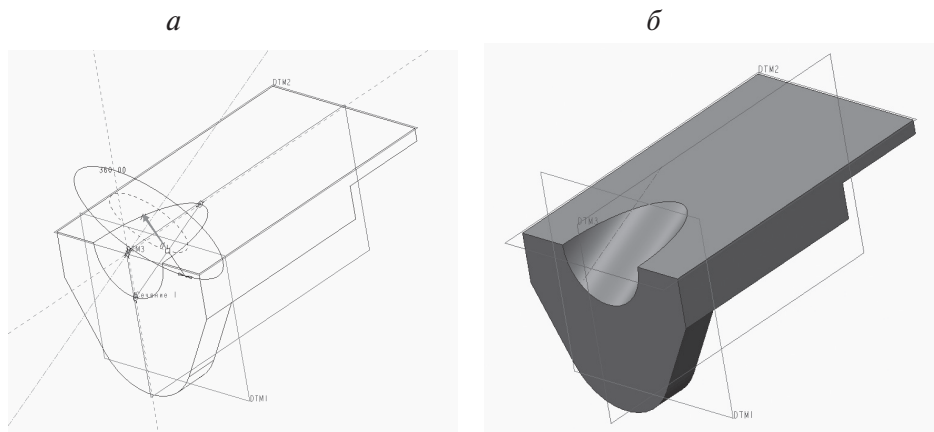


Рис. 4.192. Операция *Вращать* (а) и ее результат (б)

## Этап 2. Создание табличного Массива по двум направлениям

Шаг 1. Постройте **Отверстие** с привязками от передней грани модели и базовой плоскости на расстоянии **51 мм** и **14 мм** соответственно с атрибутами **Линейное** и **Насквозь** (рис. 4.193). Результат представлен на рис. 4.194.

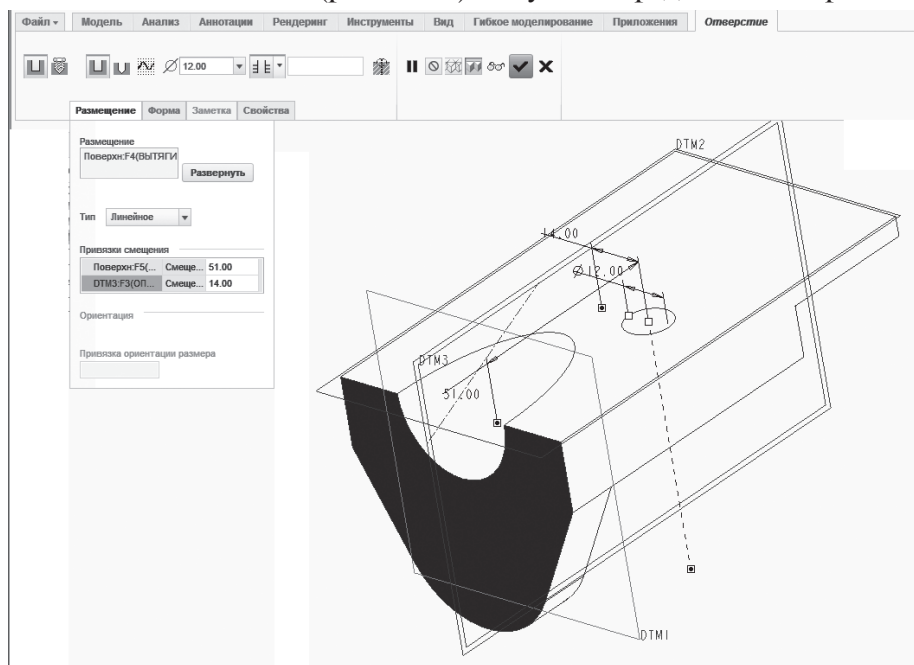


Рис. 4.193. Атрибуты операции *Отверстие*

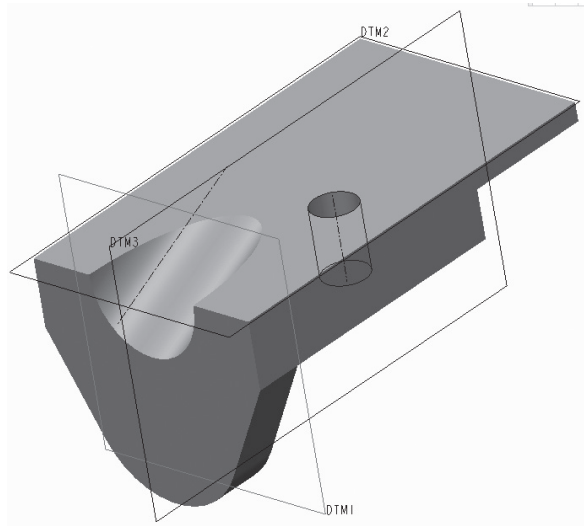



Рис. 4.194. Результат операции Отверстие

Шаг 2. Выберите элемент массива (отверстие) и запустите операцию **Массив** .

Шаг 3. Выберите тип массива — **Таблица** (рис. 4.195), управляющие размеры (при нажатой кнопке **Ctrl**) — сначала **51**, затем **14**, затем нажмите кнопку **Править** (позиция *в* на рис. 4.195).

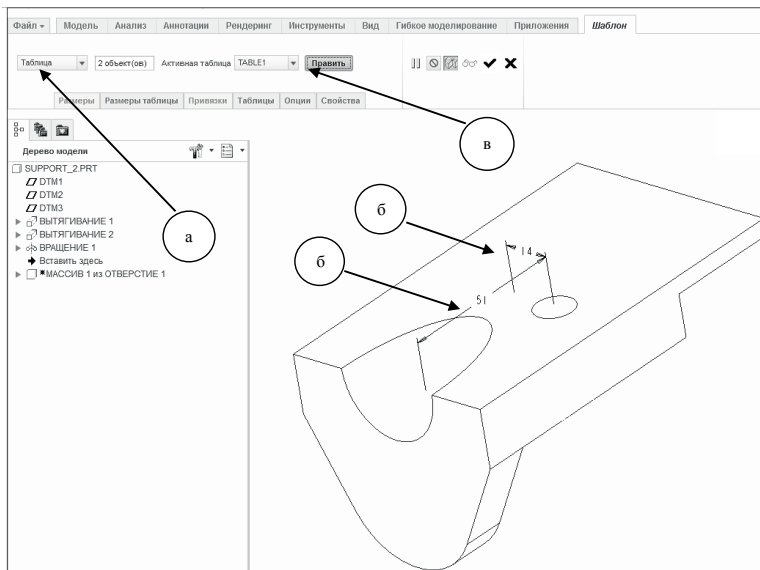


Рис. 4.195. Атрибуты операции *Массив*: *а* — тип массива (таблица); *б* — управляющие размеры; *в* — кнопка вызова режима редактирования таблицы

Шаг 4. Введите данные в таблицу в соответствии с рис. 4.196.

Pro/TABLE TM 2.0 (c) 2014 by PTC Inc. All Rights Reserved.							
Файл Править Вид Формат Справка							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R1	!						
R2	! Введите размеры размещения и имя модели для каждого экземпляра массива.						
R3	! Имя модели является именем ведущего объекта массива или любого из экземпляров таблицы семейства массива.						
R4	! Индексы начинаются с 1. Каждый индекс должен быть уникальным.						
R5	! но не обязательно последовательным.						
R6	! Используйте "" для значений, по умолчанию равных размеру ведущего экземпляра и имени модели.						
R7	! Строки, начинающиеся с '@' будут сохранены как комментарии.						
R8	!						
R9	! Имя таблицы TABLE1.						
R10	!						
R11	! индекс	d13(51.00)	d14(14.00)				
R12		1	84	14			
R13		2	51	-14			
R14		3	84	-14			
R15							

Рис. 4.196. Редактирование таблицы

Шаг 5. Закройте таблицу — **Файл > Выход** (рис. 4.197).

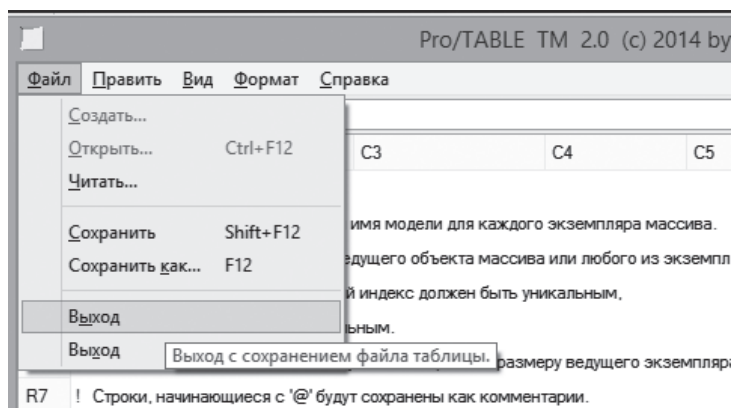


Рис. 4.197. Заккрытие файла таблицы

Шаг 6. Завершите операцию *Массив*. Результат показан на рис. 4.198.



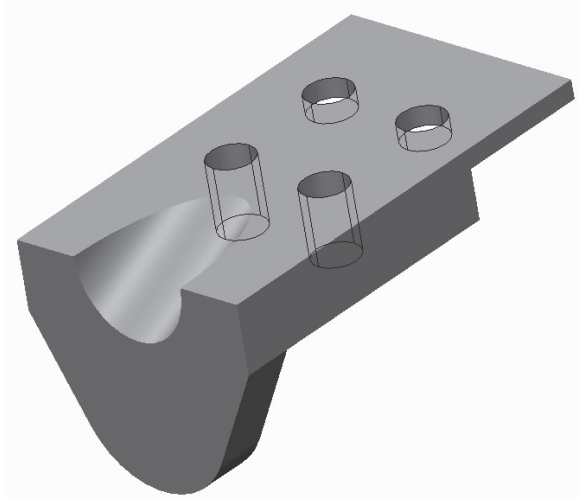


Рис. 4.198. Результат проектирования Опоры

Шаг 7. Сравните результат, представленный на рис. 4.198, с рис. 4.186 и добавьте недостающие конструктивные элементы к модели самостоятельно.

#### 4.18. Проектирование трубной доски теплообменника

Модель трубной доски теплообменника, которая будет создана в этой работе, представлена на рис. 4.199. Габаритные размеры детали видны на рис. 4.200.

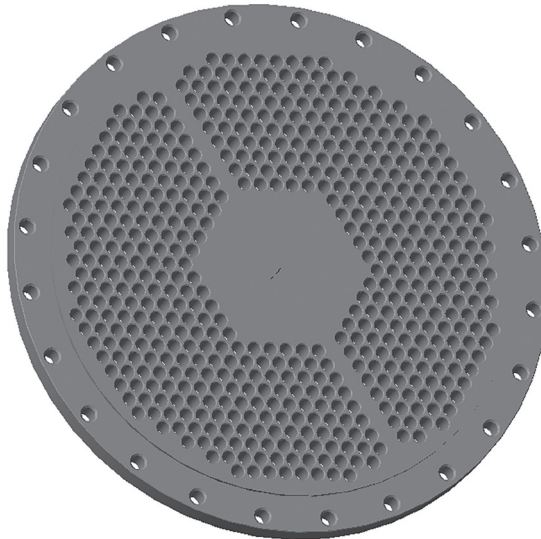


Рис. 4.199. Твёрдотельная модель трубной доски теплообменника

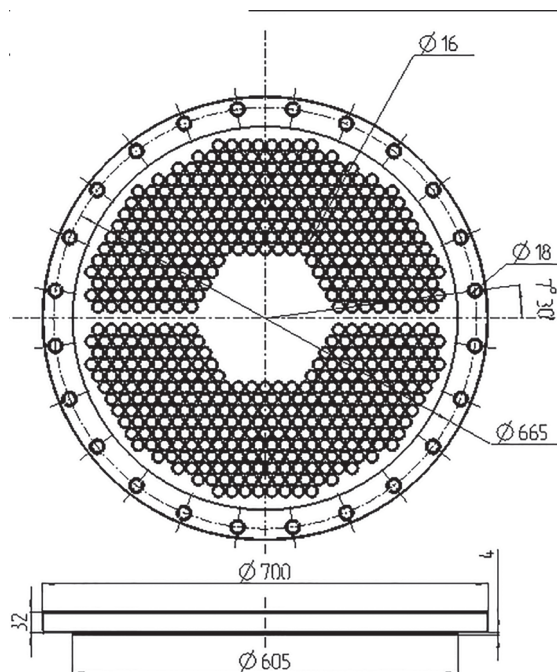


Рис. 4.200. Габаритные размеры трубной доски теплообменника

Шаг 1. Создайте новую **Деталь** с использованием шаблона **mmkg\_part\_solid** (**Файл > Создать > Деталь**). Дайте ей название **Plate**.

Шаг 2. С помощью команды **Вытянуть** создайте базовую заготовку трубной доски (рис. 4.201).

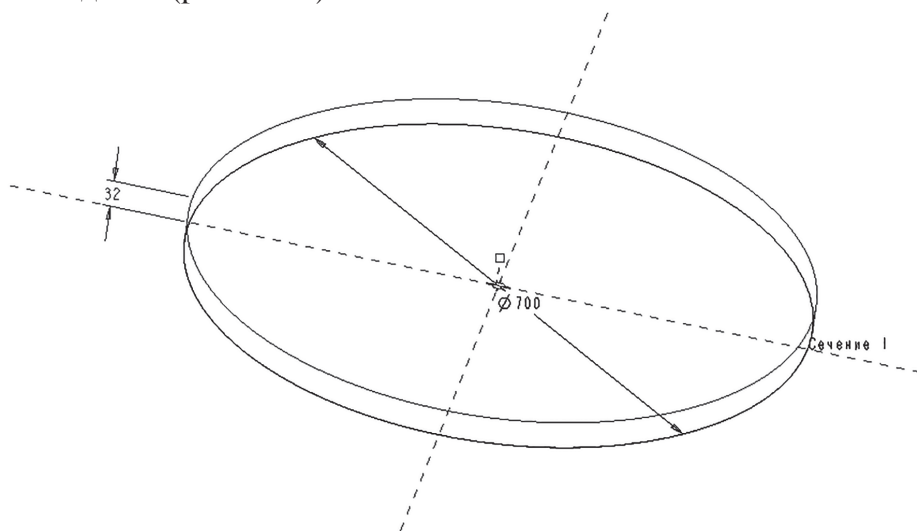


Рис. 4.201. Базовая заготовка трубной доски

Шаг 3. Создайте выступ на заготовке в соответствии с рис. 4.202.



Рис. 4.202. Выступ на базовой заготовке трубной доски

Шаг 4. Создайте отверстие для крепления трубной доски, как показано на рис. 4.203. Атрибуты отверстия: диаметр 18 мм; диаметр окружности, на котором располагается базовое отверстие — 665 мм; угол между плоскостью, на которой располагается ось отверстия и опорной плоскостью —  $7^{\circ}30'$ .

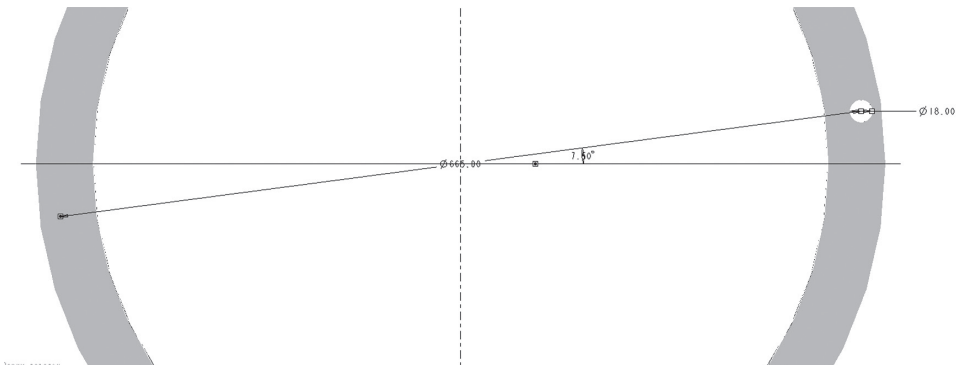


Рис. 4.203. Базовое отверстие для организации массива для крепления трубной доски

Шаг 5. Создайте круговой массив из 24 отверстий, используя в качестве базового отверстие, созданное на предыдущем шаге. Атрибуты массива: тип массива — *Ось* (круговой); число экземпляров массива в направлении 1 — 24; угол между экземплярами массива —  $15^{\circ}$ ; величина угла — **полная окружность (360°)**. Атрибуты показаны на рис. 2.204.

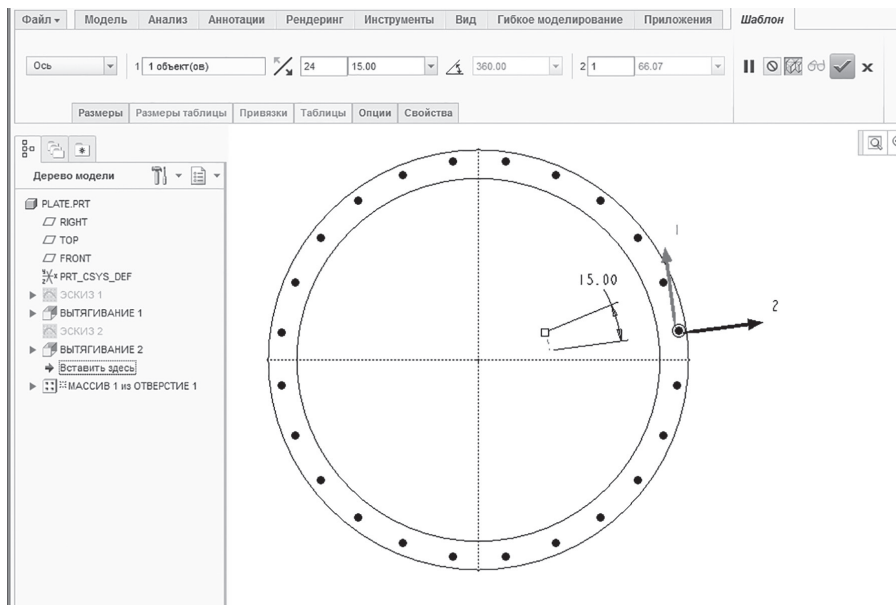


Рис. 4.204. Массив отверстий для крепления трубной доски

Шаг 6. Создайте фаску величиной катета 2,5 мм в базовом отверстии, созданном на шаге 3. Атрибуты фаски показаны на рис. 4.205. Обратите внимание, что фаски должны располагаться в отверстиях с двух сторон, для чего при указании ребра следует сформировать два набора, используя клавишу **Ctrl**.

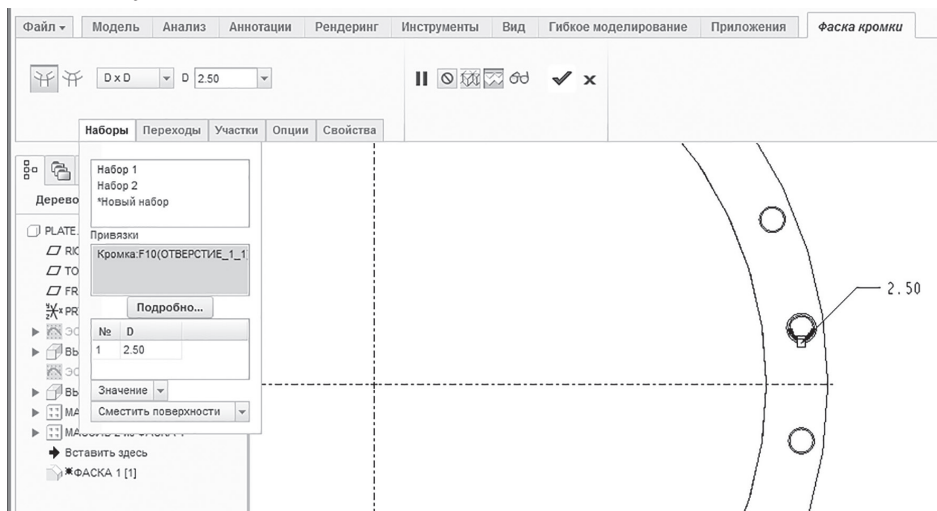


Рис. 4.205. Атрибуты фаски отверстия

Шаг 7. Создайте фаски в каждом из отверстий для крепления трубной доски, используя команду **Фаска**. Используйте массив типа *Привязка*. Атрибуты массива показаны на рис. 4.206.

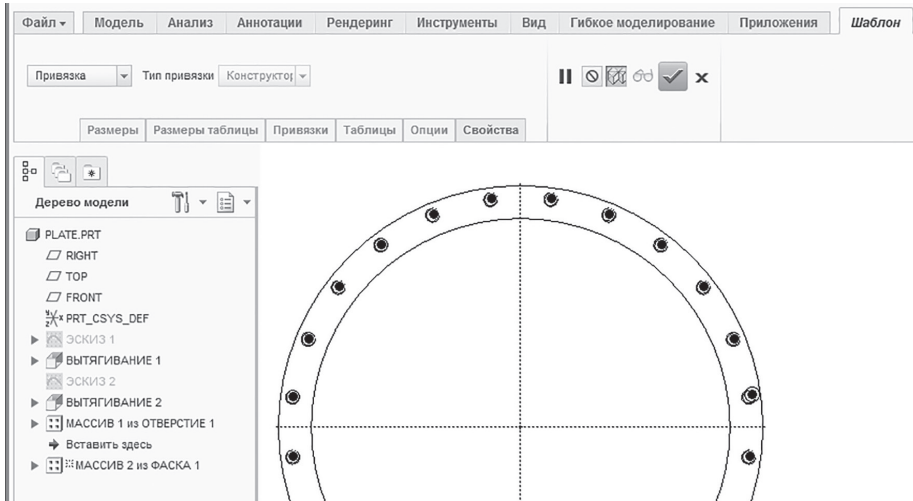


Рис. 4.206. Атрибуты массива фасок отверстий

Шаг 8. Создайте фаску кромки трубной доски величиной 1 мм в соответствии с рис. 4.207.

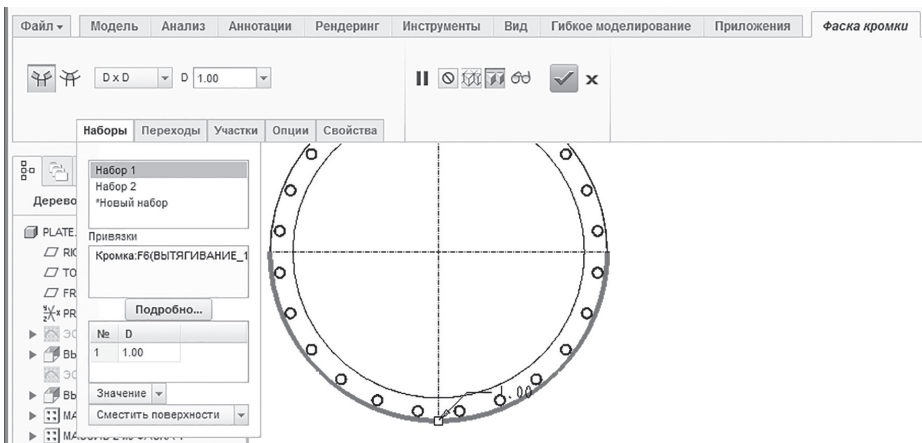


Рис. 4.207. Атрибуты фаски кромки трубной доски

Шаг 9. Создайте эскиз для будущего массива отверстий для трубок теплообменника — концентрическая окружность диаметром 585 мм.

Шаг 10. Создайте сквозное отверстие диаметром 16 мм в центре трубной доски.

Шаг 11. Создайте массив отверстий, используя команду **Массив** со следующими атрибутами: тип массива — **Заполнить**; область для заполнения — **Эскиз 1** (нажмите на коллектор и затем выберите созданный на шаге 9 эскиз); шаблон сетки для расстановки объектов массива — **шестиугольный**; шаг между центрами объектов массива равен **21** мм; расстояние для любого объекта массива от его центра до границ равно **9** мм; поворот сетки **60°** (рис. 4.208). На рис. 4.208 коллекторы атрибутов располагаются под цифрами в верхней части:

- 1 — тип массива;
- 2 — область для заполнения;
- 3 — шаблон сетки;
- 4 — шаг между центрами объектов массива;
- 5 — минимальное расстояние от центра объекта массива до его границы;
- 6 — угол поворота сетки.

Шаг 12. Исключите из массива часть отверстий, как показано на рис. 4.209 (для исключения отверстия из массива нужно щелкнуть левой кнопкой мыши на черной точке, обозначающей центр будущего отверстия).

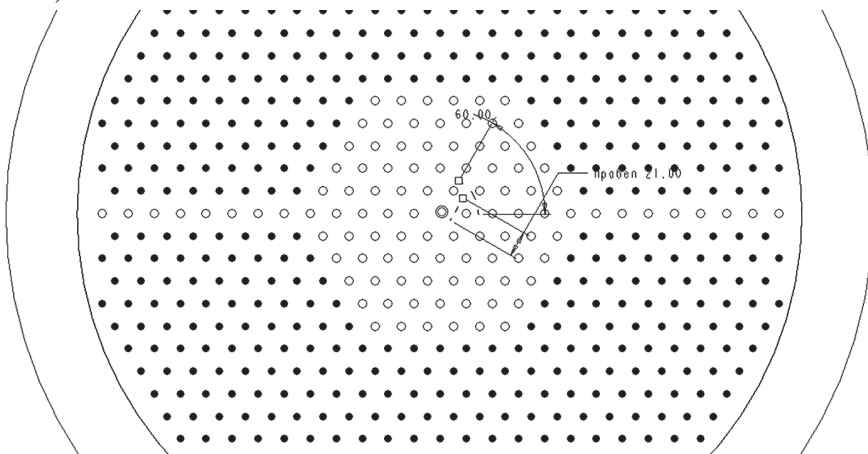



Рис. 4.209. Отверстия, исключенные из массива (показаны белым цветом)

Шаг 13. Завершите создание массива, нажав кнопку **Применить** () . В результате создан массив из 524 отверстия, в чем можно убедиться, открыв в дереве модели «МАССИВ 3 из ОТВЕРСТИЕ 2».

Шаг 14. Окончательная операция проектирования трубной доски — добавление фасок 1,5 мм в отверстиях для трубок теплообменника. Создайте их самостоятельно по аналогии с шагами 6 и 7.

## Заключение

---

Авторы предполагают в дальнейшем создание электронной версии данного учебного пособия в виде электронного образовательного ресурса, в котором, будучи не стесненными в объеме издания, планируют значительно расширить тему проектирования деталей и сборок турбомашин в среде PTC Creo Parametric/Creo Simulate.

Семейство Creo включает в себя многочисленные продукты.

- CREO FATIGUE ADVISOR EXTENSION — модуль анализа усталостной прочности изделия.
- CREO MECHANISM DYNAMICS EXTENSION — модуль динамического моделирования и анализа движения механизма.
- CREO ADVANCED SIMULATION EXTENSION — модуль расширенного структурного и теплового анализа.
- CREO NC SHEETMETAL EXTENSION — модуль моделирования и оптимизации раскроя листовых материалов. Неэффективное производство изделий из листового металла — это практически всегда высокий процент отходов, неоднократно повторяемые ручные операции и большой процент брака. Устранение этих проблем является областью применения модуля PTC Creo NC Sheetmetal Extension.
- CREO COMPUTER-AIDED VERIFICATION EXTENSION — модуль автоматизации работы координатно-измерительных машин.
- CREO COMPLETE MACHINING — полный комплект модулей обработки Creo Complete Machining предлагает полное решение для создания всех типов программ для станков с ЧПУ — от простого до очень сложного. Данный комплект включает все возможности Production Machining и расширяет его до полной многокоординатной обработки. CREO PRODUCTION MACHINING. Моделирование механообработки Creo Production Machining обеспечивает технологов ЧПУ возможностью работать над проектом в единой среде параллельно с конструкторами и проводить автоматизированное отслеживание изменений по всему циклу проектирования — производства.
- CREO PRISMATIC AND MULTI-SURFACE MILLING. Моделирование процессов 2,5—3-осевой механообработки на фрезерных станках с ЧПУ Creo Prismatic And Multi-Surface Milling Option

предоставляет инженерам-технологам полный набор возможностей и библиотеки инструментов для создания и контроля ЧПУ-программ для 2,5–3-координатного фрезерования.

- **CREO PLASTIC ADVISOR EXTENSION** — модуль анализа и оптимизации процесса заполнения пресс-форм при литье пластмасс.
- **CREO PROGRESSIVE DIE EXTENSION**. Средства для разработки последовательных штампов Creo Progressive Die автоматизирует все стадии проектирования и детализовки штамповой оснастки, обеспечивая увеличение производительности при проектировании штамповой оснастки, позволяет ускорить процесс создания штампов последовательного действия.
- **CREO COMPLETE MOLD DESIGN**. Разработка пресс-форм — быстро и доступно. Creo Complete Mold Design Extension — всеобъемлющее решение для инженеров-технологов, проектирующих технологическую оснастку — штампы, пресс-формы для литья пластмасс и металлов.
- **CREO EXPERT MOLDBASE**. Разработка комплектов пресс-форм Creo Expert Moldbase — это больше, чем просто обычная библиотека пресс-форм.
- **CREO TOOL DESIGN EXTENSION**. Разработка формообразующих деталей литейной оснастки Creo Tool Design предоставляет средства для быстрой разработки формообразующих деталей пресс-форм и штампов;
- **CREO EXPERT FRAMEWORK EXTENSION**. Средство для создания каркасных конструкций Creo Expert Framework обеспечивает инженера-конструктора специализированными библиотеками и удобным пользовательским интерфейсом для проектирования рамно-балочных конструкций.
- **CREO CABLING DESIGN EXTENSION**. Трехмерное проектирование прокладки кабелей и проводов «от схемы», раскладка жгутов — модуль Creo Cabling Design исключает эти проблемы, предоставляя вам эффективные средства получения логической информации из принципиальных двумерных схем и автоматизации трехмерной прокладки маршрута кабеля.
- **CREO PIPING DESIGN EXTENSION** — автоматизированное трехмерное проектирование прокладки трубопроводов. Модуль Creo Piping Design предоставляет полное трехмерное решение задачи трубопроводной обвязки, охватывающее все отрасли промышленности и схемы прокладки трубопроводов и обеспечивающее оптимизацию всего проектного процесса.



- **CREO BEHAVIORAL MODELING EXTENSION.** Поведенческое моделирование Behavioral Modeling Extension — модуль, обеспечивающий управление разработкой изделия на основе задания требований функционального поведения (поведенческий моделер). Модуль Behavioral Modeling Extension предназначен для всех пользователей, проектирующих изделия в контексте требований проекта, на всех этапах разработки. Применяется совместно с Creo Foundation XE (Extended Edition).
- **CREO ADVANCED ASSEMBLY** — Средство для нисходящего проектирования сложных изделий и управления большими сборками Creo Advanced Assembly расширяет возможности базового рабочего места Creo Foundation XE для разработки сложных изделий и управления их модификацией. Advanced Assembly предоставляет дополнительные средства для проектирования, начиная с управляющей модели, управления ключевыми параметрами изделия.
- **CREO REVERSE ENGINEERING EXTENSION** — Удобное средство для создания трехмерных моделей по данным оцифровки. Creo Parametric продолжает введение в функциональность новых технологий для совершенствования процесса проектирования и доводки изделия и представляет новый модуль — Restyle. Restyle позволяет пользователям осуществлять проектирование «снизу-вверх» или проектировать изделия, которые соответствуют по форме существующим физическим.
- **CREO ADVANCED RENDERING EXTENSION** — расширенный модуль рендеринга.
- **CREO INTERACTIVE SURFACE DESIGN EXTENSION II** — средства для промышленного дизайна и интерактивного поверхностного моделирования. Поверхностные модели любой сложности могут быть созданы уже в базовой комплектации Creo Parametric с использованием средств инженерного поверхностного моделирования.

Учебные пособия для некоторых из перечисленных программных продуктов размещаются в Интернет-ресурсе автора.

Для доступа к ресурсам следует набрать в браузере команду: <http://wnc.td.urfu.ru/Windchill>. В главном меню следует зарегистрироваться и после прохождения несложной процедуры и получения подтверждения получить имя и пароль для доступа к другим разделам настоящего учебного пособия в секции TRAINING.

Работа над учебным пособием продолжается, замечания и пожелания читателей автор с благодарностью примет по адресу [v.i.brezgin@urfu.ru](mailto:v.i.brezgin@urfu.ru).

## Литература

---

1. Буланов А. В. Wildfire 3.0. Первые шаги / А. В. Буланов, О. Шевченко, С. Гусаров. М. : Изд-во «Поматур», 2008. 240 с.
2. Louis Gary Lamit. PTC Creo Parametric 3.0/Louis Gary Lamit. Boston, MA 02210. USA : Cengage Learning, 2014. 587 p.
3. Брезгин В. И. Моделирование в Pro|ENGINEER Wildfire 3.0 / В. И. Брезгин, К. Е. Мерзляков. Екатеринбург : УГТУ—УПИ, 2008. 42 с.
4. Брезгин В. И. Проектирование деталей и сборок турбомашин в среде Pro|ENGINEER Wildfire 5.0 / В. И. Брезгин, А. В. Буланов. Екатеринбург : УрФУ, 2010. 207 с.
5. ГОСТ 25347—2013 (ISO 286—2:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов. Введ. 01.07.2015. М. : Стандартинформ, 2014. 54 с.
6. ГОСТ 2.307—2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. Введ. 01.01.2012. М. : Стандартинформ, 2012. 31 с.
7. ГОСТ 2.308—2011 ЕСКД. Указания допусков формы и расположения поверхностей. Введ. 01.01.2012. М. : Стандартинформ, 2012. 27 с.
8. ГОСТ 2.309—73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей (с Изменениями № 1, 2, 3). Введ. 01.01.1975. М. : Стандартинформ, 2007. 13 с.
9. ГОСТ 2.312—72 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений (с Изменением № 1). Введ. 01.01.1973. М. : Стандартинформ, 2010. 11 с.
10. ГОСТ 2.313—82 ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений. Введ. 01.01.1984. М. : Стандартинформ, 2007. 11 с.
11. ГОСТ 2.314—68 ЕСКД. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий (с Изменениями № 1, 2). Введ. 01.01.1971. М. : Стандартинформ, 2007. 8 с.
12. ГОСТ 5632—72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки (с Изменениями № 1, 2, 3, 4, 5). Введ. 01.01.1975. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004.

- 
13. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов / В. И. Феодосьев. 10-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. Т. 2. 592 с.
  14. ГОСТ 8240–97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент (с Изменениями № 1). Введ. 01.01.2002. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003.
  15. ГОСТ 2.104–2006 ЕСКД. Основные надписи. Введ. 01.09.2006. М. : Стандартиформ, 2011.
  16. ГОСТ 2.201–80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов. Введ. 01.07.1986. М. : Стандартиформ, 2011.
  17. ГОСТ 2.501–88 ЕСКД. Правила учета и хранения. Введ. 01.01.1989. М. : Стандартиформ, 2008.
  18. ГОСТ 2.053–2006 ЕСКД. Электронная структура изделия. Общие положения. Введ. 01.09.2006. М. : Стандартиформ, 2011.

# Оглавление

---

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Первое знакомство с РТС Creo Parametric .....	14
Технология проектирования в среде РТС Creo Parametric. Обзор.....	14
1.1. Обзор технологии проектирования .....	15
1.2. Интерфейс РТС Creo Parametric .....	47
1.3. Ориентация модели в пространстве .....	52
1.4. Некоторые инструменты, входящие в состав Графической панели .....	53
2. РАБОТА В РЕЖИМЕ СЕЧЕНИЕ .....	55
2.1. Режим параметрического эскиза .....	55
2.2. Настройки интерфейса режима Сечение .....	58
2.3. Инструменты рисования режима Сечение .....	59
2.4. Простановка размеров эскиза в режиме Сечение .....	79
2.5. Основные правила при создании эскизов в режиме Сечение .....	83
3. ТЕХНИКА СОЗДАНИЯ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	92
3.1. Интерфейс опорных элементов .....	93
3.2. Типы опорных элементов .....	94
3.1. Создание опорных плоскостей .....	96
3.4. Создание опорных осей .....	99
3.4. Создание опорных точек .....	102
3.5. Создание опорных точек .....	103
3.6. Работа с координатными системами .....	107
3.7. Создание координатных систем .....	109
4. РАБОТА В РЕЖИМЕ ДЕТАЛЬ .....	113
4.1. Режим трехмерного моделирования .....	113
4.2. Действия с конструктивными элементами (операциями).....	118
4.3. Классификация конструктивных элементов (операций) .....	122
4.4. Атрибуты операций .....	127

---

4.5. Особенности работы с эскизом в режиме Деталь .....	130
4.6. Философия моделирования детали .....	135
4.7. Моделирование детали .....	136
4.8. Создание дополнительных операций, требующих эскизирования.....	149
4.9. Создание модели зажимной скобы.....	161
4.10. Создание модели кронштейна .....	165
4.11. Создание модели опоры .....	177
4.12. Создание модели оболочки .....	185
4.13. Создание модели рычага .....	189
4.14. Создание модели литейной формы.....	196
4.15. Протягивание переменных сечений по трехмерной траектории.....	202
4.16. Проектирование вала.....	206
4.17. Проектирование опоры .....	212
4.18. Проектирование трубной доски теплообменника .....	219
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	 225
 ЛИТЕРАТУРА .....	 228

*Учебное издание*

**Брезгин Виталий Иванович**  
**Брезгин Дмитрий Витальевич**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ  
И СБОРОК ТУРБОМАШИН  
В СРЕДЕ PTC CREO PARAMETRIC/  
CREO SIMULATE**

Редактор *О. С. Смирнова*  
Корректор *Е. Е. Афанасьева*  
Верстка *Е. В. Ровнушкиной*

Подписано в печать 03.03.2017. Формат 70×100 1/16.  
Бумага писчая. Цифровая печать. Усл. печ. л. 18,7.  
Уч.-изд. л. 9,3. Тираж 50 экз. Заказ 51.

Издательство Уральского университета  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5  
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41  
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел.: 8 (343) 350-56-64, 350-90-13  
Факс: 8 (343) 358-93-06  
E-mail: press-urfu@mail.ru



